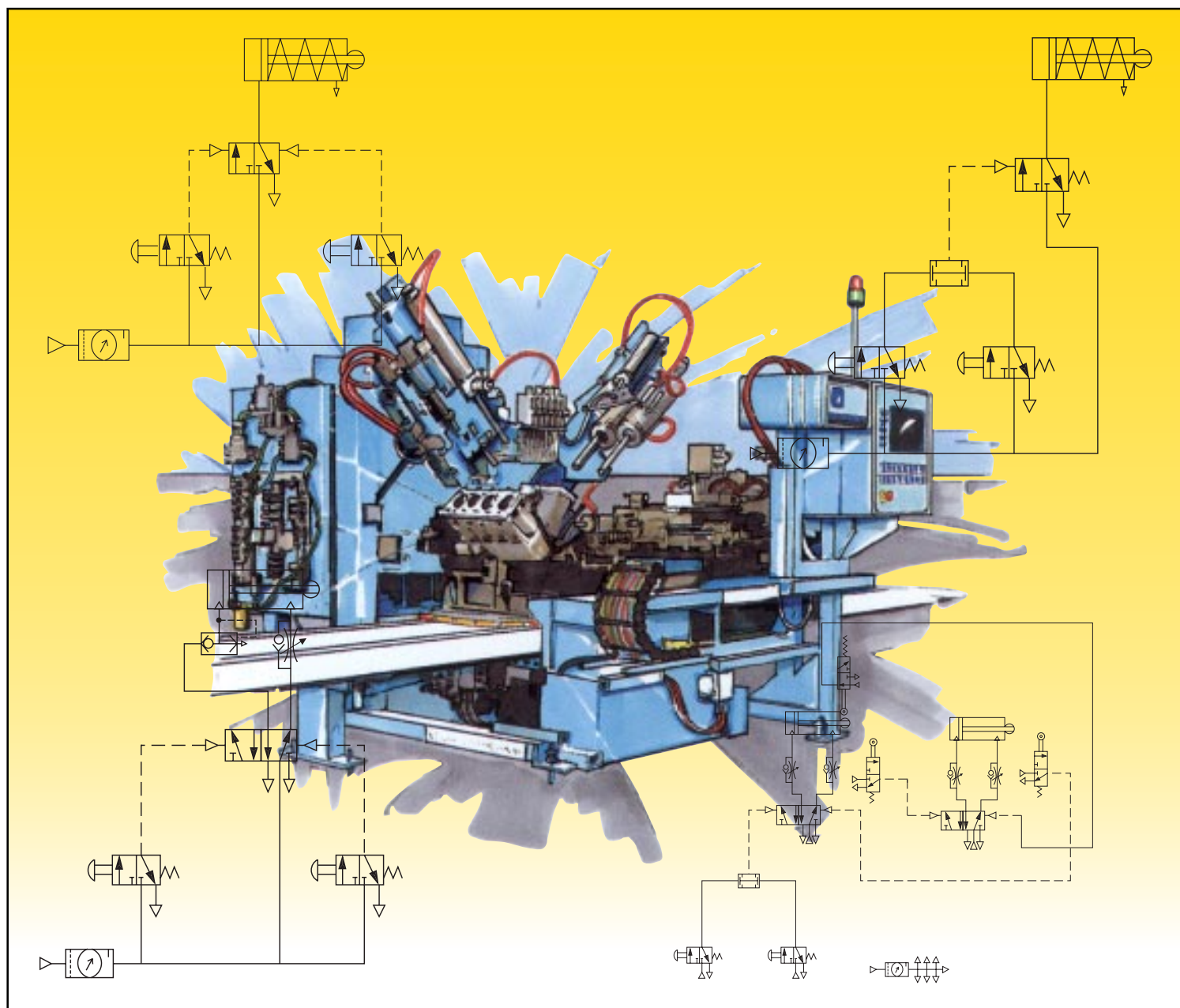
# Tecnologia Pneumática Industrial

*Apostila M1001 BR*
*Agosto 2000*

# Pense em Qualidade, Pense Parker

Para nós da Parker, a qualidade é alcançada quando suas expectativas são atendidas, tanto em relação aos produtos e suas características, quanto aos nossos serviços. Nosso maior objetivo é corresponder a todas as suas expectativas da melhor maneira possível.

A **Parker Hannifin** implementou substanciais modificações, em sua organização e métodos de trabalho, a fim de satisfazer os requisitos do **Sistema de Garantia de Qualidade ISO 9001e QS-9000**. Este sistema controla a garantia de qualidade dos processos através de toda a organização, desde o projeto e planejamento, passando pelo suprimento e produção, até a distribuição e serviços.

A **Parker Hannifin** está certificada pelo **ABS - Quality Evaluations, Inc.** desde **13/05/94** na **ISO 9001** e em **26/11/99** teve seu certificado graduado para a norma automotiva **QS-9000 Terceira Edição.**

Este certificado é a certeza de que a Parker trabalha ativa e profissionalmente para garantir a qualidade de seus produtos e serviços e a sua garantia é segurança de estar adquirindo a melhor qualidade possível.

Isto significa que como cliente você pode ter total credibilidade em nós como seu fornecedor, sabendo que iremos atender plenamente as condições previamente negociadas.

Você pode ter certeza de que sendo certificada pela **ISO 9001 e QS-9000**, a Parker:

- Tem implementado um sistema de garantia de qualidade documentado, avaliado e aprovado. Assim você não precisa inspecionar e testar os produtos recebidos.

- Trabalha com fornecedores qualificados e aplica o princípio de perda zero em todo o processo de produção. Todos os componentes agregados ao produto satisfazem os mais altos requisitos de qualidade.

- Trabalha para garantir que o projeto do produto atenda a qualidade requerida. O trabalho realizado com garantia de qualidade oferece soluções racionais e reduz custos.

- Previne as não conformidades dos processos em todos os estágios, com qualidade permanente e conforme especificações.

- Tem como objetivo permanente o aumento da eficiência e a redução de custos sendo que, como cliente, isto lhe proporciona maior competitividade.

- Trabalha para atender suas expectativas da melhor forma possível, oferecendo sempre o produto adequado, com a melhor qualidade, preço justo e no prazo conveniente.

**QS-9000/ISO 9001**

Certificate Number: 30759

***Para você, cliente Parker,***

***isto não é nenhuma novidade.***

***Qualidade Parker, sem dúvida,***

***uma grande conquista!***

## ⚠ ADVERTÊNCIA

**SELEÇÃO IMPRÓPRIA, FALHA OU USO IMPRÓPRIO DOS PRODUTOS E/OU SISTEMAS DESCRITOS NESTE CATÁLOGO OU NOS ITENS RELACIONADOS PODEM CAUSAR MORTE, DANOS PESSOAIS E/OU DANOS MATERIAIS.**

Este documento e outras informações contidas neste catálogo da Parker Hannifin Ind. e Com. Ltda. e seus Distribuidores Autorizados, fornecem opções de produtos e/ou sistemas para aplicações por usuários que tenham habilidade técnica. É importante que você analise os aspectos de sua aplicação, incluindo consequências de qualquer falha, e revise as informações que dizem respeito ao produto ou sistemas no catálogo geral da Parker Hannifin Ind. e Com. Ltda. Devido à variedade de condições de operações e aplicações para estes produtos e sistemas, o usuário, através de sua própria análise e teste, é o único responsável para fazer a seleção final dos produtos e sistemas e também para assegurar que todo o desempenho, segurança da aplicação e cuidados sejam atingidos.

Os produtos aqui descritos com suas características, especificações, desempenhos e disponibilidade de preço são objetos de mudança pela Parker Hannifin Ind. e Com. Ltda., a qualquer hora, sem prévia notificação.

# Tecnologia
# Pneumática Industrial

## *Apresentação*

Para incentivar, ampliar e difundir as tecnologias de automação industrial da Parker Hannifin, numa gama tão ampla de aplicações, foi criada, na Parker Jacareí, a Parker Training.
Há mais de 26 anos treinando profissionais em empresas, escolas e universidades, a Parker Training vem oferecendo treinamento técnico especializado e desenvolvendo material didático diversificado e bem elaborado, com o intuito de facilitar a compreensão.
Com instrutores qualificados, esse projeto é pioneiro na área de treinamento em automação industrial no Brasil, e colaborou para a formação de mais de 25 mil pessoas, em aproximadamente 4 mil empresas, através de cursos e materiais reconhecidos pelo conteúdo técnico e qualidade de ensino.
Para alcançar tais números e continuar a atender seus clientes, de forma cada vez melhor, com uma parceria cada vez mais forte, os profissionais da Parker Training se dedicam a apresentar sempre novos conceitos em cursos e materiais didáticos.
São ministrados cursos abertos ou “in company” em todo o país, através de instrutores próprios ou de uma rede de franqueados, igualmente habilitada e com a mesma qualidade de treinamento.
Os cursos oferecidos abrangem as áreas de Automação Pneumática/Eletropneumática, Manutenção de Equipamentos Pneumáticos/Hidráulicos, Técnicas de Comando Pneumático, Controladores Lógicos Programáveis e Hidráulica/Eletrohidráulica Industrial com controle proporcional.
São oferecidos também programas de treinamento especial com conteúdo e carga horária de acordo com as necessidades do cliente, empresa ou entidade de ensino.
Faz parte dos nossos cursos uma grande gama de materiais didáticos de apoio, que facilita e agiliza o trabalho do instrutor e do aluno: transparências, componentes em corte, símbolos magnéticos, apostilas e livros didáticos ligados às técnicas de automação, gabaritos para desenho de circuitos, fitas de vídeo, software de desenho e simulação de circuitos pneumáticos e hidráulicos, além de bancadas de treinamento para realização prática destes circuitos.

# Índice

# 1. Introdução

"Pelas razões mencionadas e à vista, posso chegar à conclusão de que o homem dominará e poderá elevar-se sobre o ar mediante grandes asas construídas por si, contra a resistência da gravidade".
A frase, de Leonardo Da Vinci, demonstra apenas uma das muitas possibilidades de aproveitamento do ar na técnica, o que ocorre hoje em dia em grande escala.
Como meio de racionalização do trabalho, o ar comprimido vem encontrando, cada vez mais, campo de aplicação na indústria, assim como a água, a energia elétrica, etc.

Somente na segunda metade do século XIX é que o ar comprimido adquiriu importância industrial. No entanto, sua utilização é anterior a Da Vinci, que em diversos inventos dominou e usou o ar.
No Velho Testamento, são encontradas referências ao emprego do ar comprimido: na fundição de prata, ferro, chumbo e estanho. A história demonstra que há mais de 2000 anos os técnicos construíam máquinas pneumáticas, produzindo energia pneumática por meio de um pistão. Como instrumento de trabalho utilizavam um cilindro de madeira dotado de êmbolo.
Os antigos aproveitavam ainda a força gerada pela dilatação do ar aquecido e a força produzida pelo vento.
Em Alexandria (centro cultural vigoroso no mundo helênico), foram construídas as primeiras máquinas reais, no século III a.C.. Neste mesmo período, Ctesibios fundou a Escola de Mecânicos, também em Alexandria, tornando-se, portanto, o precursor da técnica para comprimir o ar. A Escola de Mecânicos era especializada em Alta Mecânica, e eram construídas máquinas impulsionadas por ar comprimido.

No século III d.C., um grego, Hero, escreveu um trabalho em dois volumes sobre as aplicações do ar comprimido e do vácuo.
Contudo, a falta de recursos materiais adequados, e mesmo incentivos, contribuiu para que a maior parte destas primeiras aplicações não fosse prática ou não pudesse ser convenientemente desenvolvida. A técnica era extremamente depreciada, a não ser que estivesse a serviço de reis e exércitos, para aprimoramento das máquinas de guerra. Como consequência, a maioria das informações perdeu-se por séculos.
Durante um longo período, o desenvolvimento da energia pneumática sofreu paralisação, renascendo apenas nos séculos XVI e XVII, com as descobertas dos grandes pensadores e cientistas como Galileu, Otto Von Guericke, Robert Boyle, Bacon e outros, que passaram a observar as leis naturais sobre compressão e expansão dos gases.
Leibinz, Huyghens, Papin e Newcomem são considerados os pais da Física Experimental, sendo que os dois últimos consideravam a pressão atmosférica como uma força enorme contra o vácuo efetivo, o que era objeto das Ciências Naturais, Filosóficas e da Especulação Teológica desde Aristóteles até o final da época Escolástica.

Encerrando esse período, encontra-se Evangelista Torricelli, o inventor do barômetro, um tubo de mercúrio para medir a pressão atmosférica. Com a invenção da máquina a vapor de Watts, tem início a era da máquina. No decorrer dos séculos, desenvolveram-se várias maneiras de aplicação do ar, com o aprimoramento da técnica e novas descobertas. Assim, foram surgindo os mais extraordinários conhecimentos físicos, bem como alguns instrumentos.
Um longo caminho foi percorrido, das máquinas impulsionadas por ar comprimido na Alexandria aos engenhos pneumo-eletrônicos de nossos dias. Portanto, o homem sempre tentou aprisionar esta força para colocá-la a seu serviço, com um único objetivo: controlá-la e fazê-la trabalhar quando necessário.
Atualmente, o controle do ar suplanta os melhores graus da eficiência, executando operações sem fadiga, economizando tempo, ferramentas e materiais, além de fornecer segurança ao trabalho.
O termo pneumática é derivado do grego Pneumos ou Pneuma (respiração, sopro) e é definido como a parte da Física que se ocupa da dinâmica e dos fenômenos físicos relacionados com os gases ou vácuos. É também o estudo da conservação da energia pneumática em energia mecânica, através dos respectivos elementos de trabalho.

# 2. Implantação

## Vantagens:

**1) -** Incremento da produção com investimento relativamente pequeno.

**2) -** Redução dos custos operacionais.
A rapidez nos movimentos pneumáticos e a libertação do operário (homem) de operações repetitivas possibilitam o aumento do ritmo de trabalho, aumento de produtividade e, portanto, um menor custo operacional.

**3) -** Robustez dos componentes pneumáticos.
A robustez inerente aos controles pneumáticos torna-os relativamente insensíveis a vibrações e golpes, permitindo que ações mecânicas do próprio processo sirvam de sinal para as diversas sequências de operação. São de fácil manutenção.

**4) -** Facilidade de implantação.
Pequenas modificações nas máquinas convencionais, aliadas à disponibilidade de ar comprimido, são os requisitos necessários para implantação dos controles pneumáticos.

**5) -** Resistência a ambientes hostis.
Poeira, atmosfera corrosiva, oscilações de temperatura, umidade, submersão em líquidos, raramente prejudicam os componentes pneumáticos, quando projetados para essa finalidade.

**6) -** Simplicidade de manipulação.
Os controles pneumáticos não necessitam de operários superespecializados para sua manipulação.

**7) -** Segurança.
Como os equipamentos pneumáticos envolvem sempre pressões moderadas, tornam-se seguros contra possíveis acidentes, quer no pessoal, quer no próprio equipamento, além de evitarem problemas de explosão.

**8) -** Redução do número de acidentes.
A fadiga é um dos principais fatores que favorecem acidentes; a implantação de controles pneumáticos reduz sua incidência (liberação de operações repetitivas).

## Limitações:

**1) -** O ar comprimido necessita de uma boa preparação para realizar o trabalho proposto: remoção de impurezas, eliminação de umidade para evitar corrosão nos equipamentos, engates ou travamentos e maiores desgastes nas partes móveis do sistema.

**2) -** Os componentes pneumáticos são normalmente projetados e utilizados a uma pressão máxima de 1723,6 kPa. Portanto, as forças envolvidas são pequenas se comparadas a outros sistemas.
Assim, não é conveniente o uso de controles pneumáticos em operação de extrusão de metais.
Provavelmente, o seu uso é vantajoso para recolher ou transportar as barras extrudadas.

**3) -** Velocidades muito baixas são difíceis de ser obtidas com o ar comprimido devido às suas propriedades físicas. Neste caso, recorre-se a sistemas mistos (hidráulicos e pneumáticos).

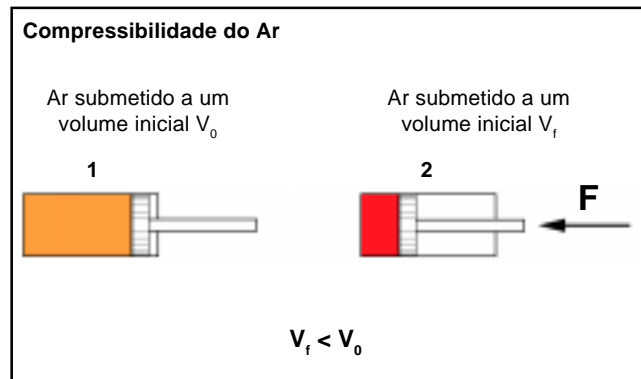
**4) -** O ar é um fluido altamente compressível, portanto, é impossível se obterem paradas intermediárias e velocidades uniformes.
O ar comprimido é um poluidor sonoro quando são efetuadas exaustões para a atmosfera. Esta poluição pode ser evitada com o uso de silenciadores nos orifícios de escape.

## Propriedades Físicas do Ar

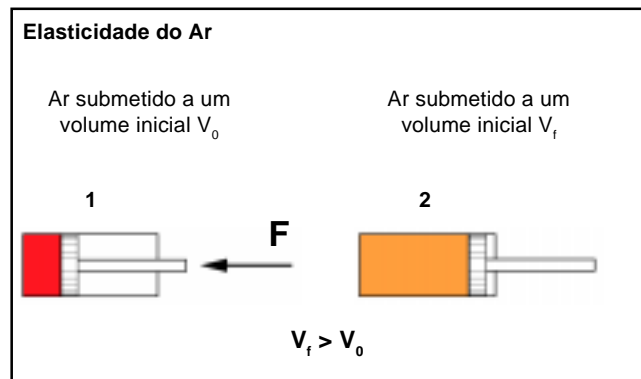
Apesar de insípido, inodoro e incolor, percebemos o ar através dos ventos, aviões e pássaros que nele flutuam e se movimentam; sentimos também o seu impacto sobre o nosso corpo. Concluimos facilmente que o ar tem existência real e concreta, ocupando lugar no espaço.

## Compressibilidade

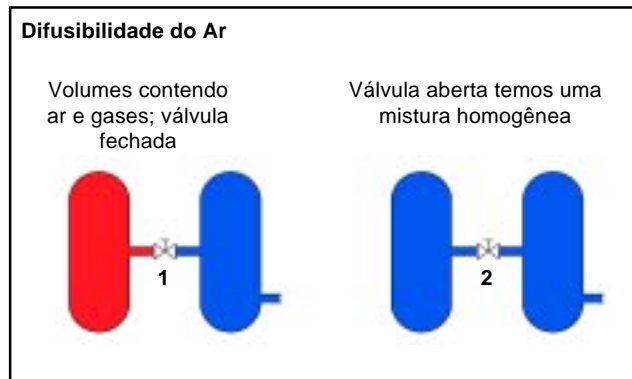
O ar, assim como todos os gases, tem a propriedade de ocupar todo o volume de qualquer recipiente, adquirindo seu formato, já que não tem forma própria. Assim, podemos encerrá-lo num recipiente com volume determinado e posteriormente provocar-lhe uma redução de volume usando uma de suas propriedades - a compressibilidade.
Podemos concluir que o ar permite reduzir o seu volume quando sujeito à ação de uma força exterior.

**Compressibilidade do Ar**

## Elasticidade

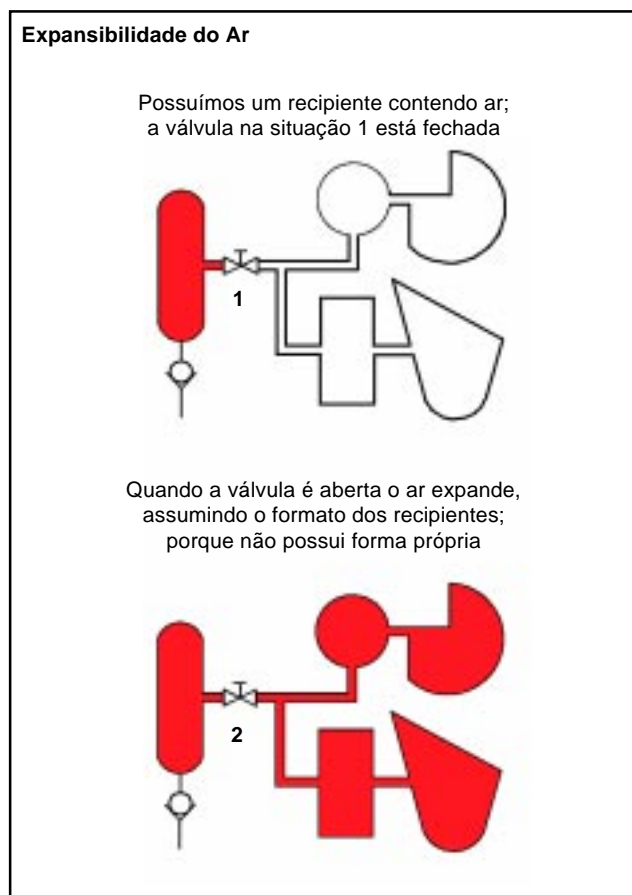
Propriedade que possibilita ao ar voltar ao seu volume inicial uma vez extinto o efeito (força) responsável pela redução do volume.

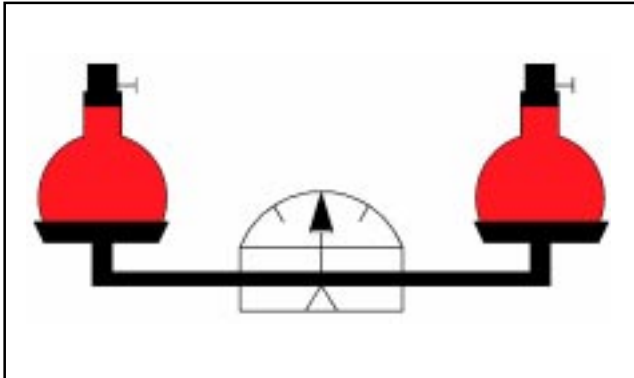
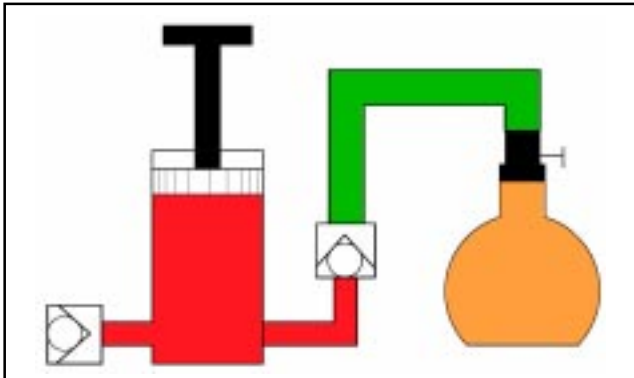
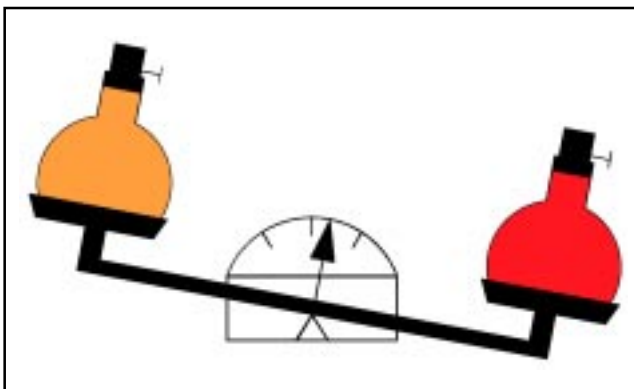
**Elasticidade do Ar**

## Difusibilidade

Propriedade do ar que lhe permite misturar-se homogeneamente com qualquer meio gasoso que não esteja saturado.

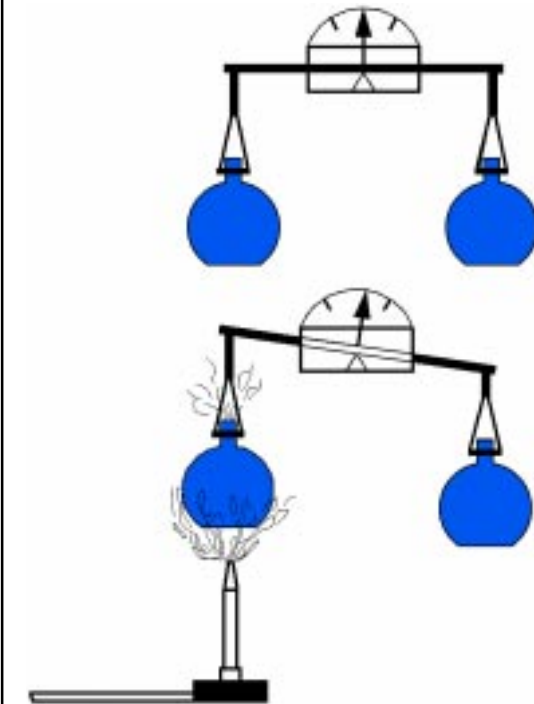
**Difusibilidade do Ar**

## Expansibilidade

Propriedade do ar que lhe possibilita ocupar totalmente o volume de qualquer recipiente, adquirindo o seu formato.

**Expansibilidade do Ar**

## Peso do Ar

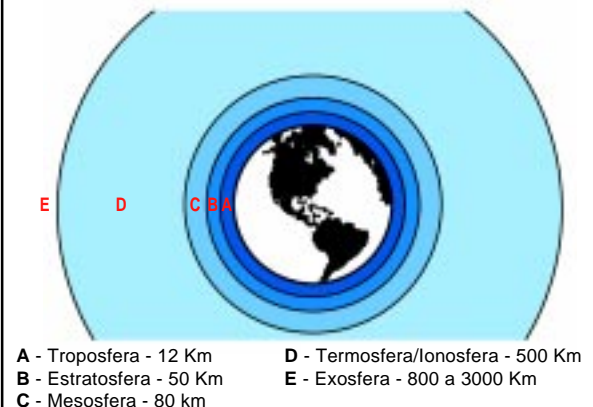
Como toda matéria concreta, o ar tem peso.
A experiência abaixo mostra a existência do peso do ar. Temos dois balões idênticos, hermeticamente fechados, contendo ar com a mesma pressão e temperatura. Colocando-os numa balança de precisão, os pratos se equilibram.

De um dos balões, retira-se o ar através de uma bomba de vácuo.

Coloca-se outra vez o balão na balança (já sem o ar) e haverá o desequilíbrio causado pela falta do ar.
Um litro de ar, a 0°C e ao nível do mar, pesa $1{,}293 \times 10^{-3}$ Kgf.

## O Ar Quente é Mais Leve que o Ar Frio

Uma experiência que mostra este fato é a seguinte: Uma balança equilibra dois balões idênticos, abertos. Expondo-se um dos balões em contato com uma chama, o ar do seu interior se aquece, escapa pela boca do balão, tornando-se assim, menos denso. Consequentemente há um desequilíbrio na balança.

**Ar Quente é Menos Denso que Ar Frio**

## Atmosfera

Camada formada por gases, principalmente por oxigênio ($O_2$) e nitrogênio ($N_2$), que envolve toda a superfície terrestre, responsável pela existência de vida no planeta.

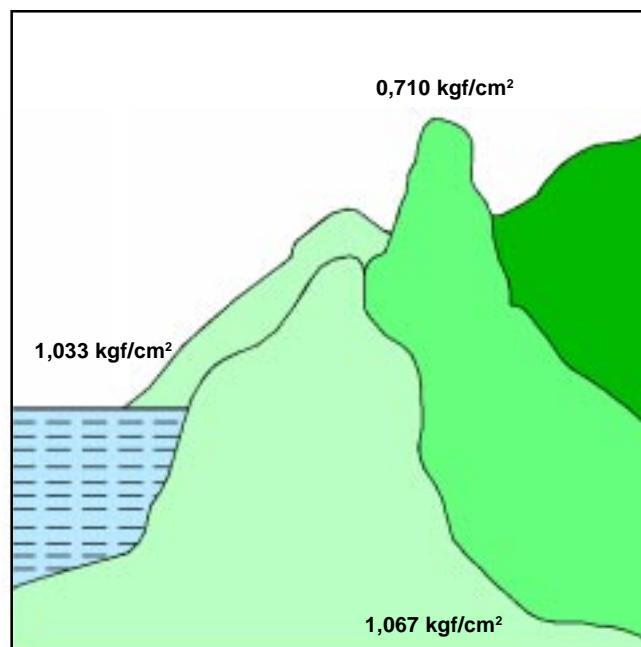
**Camadas Gasosas da Atmosfera**

**A** - Troposfera - 12 Km
**B** - Estratosfera - 50 Km
**C** - Mesosfera - 80 km
**D** - Termosfera/Ionosfera - 500 Km
**E** - Exosfera - 800 a 3000 Km

Pelo fato do ar ter peso, as camadas inferiores são comprimidas pelas camadas superiores. Assim as camadas inferiores são mais densas que as superiores. Concluímos, portanto, que um volume de ar comprimido é mais pesado que o ar à pressão normal ou à pressão atmosférica.
Quando dizemos que um litro de ar pesa 1,293 X $10^{-3}$ Kgf ao nível do mar, isto significa que, em altitudes diferentes, o peso tem valor diferente.

## Pressão Atmosférica

Sabemos que o ar tem peso, portanto, vivemos sob esse peso.
A atmosfera exerce sobre nós uma força equivalente ao seu peso, mas não a sentimos, pois ela atua em todos os sentidos e direções com a mesma intensidade.

A Pressão Atmosférica Atua em Todos os Sentidos e Direções

A pressão atmosférica varia proporcionalmente à altitude considerada. Esta variação pode ser notada.

## Variação da Pressão Atmosférica com Relação à Altitude

| Altitude m | Pressão Kgf/cm² | Altitude m | Pressão Kgf/cm² |
|---|---|---|---|
| **0** | 1,033 | **1000** | 0,915 |
| **100** | 1,021 | **2000** | 0,810 |
| **200** | 1,008 | **3000** | 0,715 |
| **300** | 0,996 | **4000** | 0,629 |
| **400** | 0,985 | **5000** | 0,552 |
| **500** | 0,973 | **6000** | 0,481 |
| **600** | 0,960 | **7000** | 0,419 |
| **700** | 0,948 | **8000** | 0,363 |
| **800** | 0,936 | **9000** | 0,313 |
| **900** | 0,925 | **10000** | 0,270 |

## Medição da Pressão Atmosférica

Nós geralmente pensamos que o ar não tem peso. Mas, o oceano de ar cobrindo a terra exerce pressão sobre ela.
Torricelli, o inventor do barômetro, mostrou que a pressão atmosférica pode ser medida por uma coluna de mercúrio. Enchendo-se um tubo com mercúrio e invertendo-o em uma cuba cheia com mercúrio, ele descobriu que a atmosfera padrão, ao nível do mar, suporta uma coluna de mercúrio de 760 mm de altura.

A pressão atmosférica ao nível do mar mede ou é equivalente a 760 mm de mercúrio. Qualquer elevação acima desse nível deve medir evidentemente menos do que isso. Num sistema hidráulico, as pressões acima da pressão atmosférica são medidas em kgf/cm². As pressões abaixo da pressão atmosférica são medidas em unidade de milímetros de mercúrio.

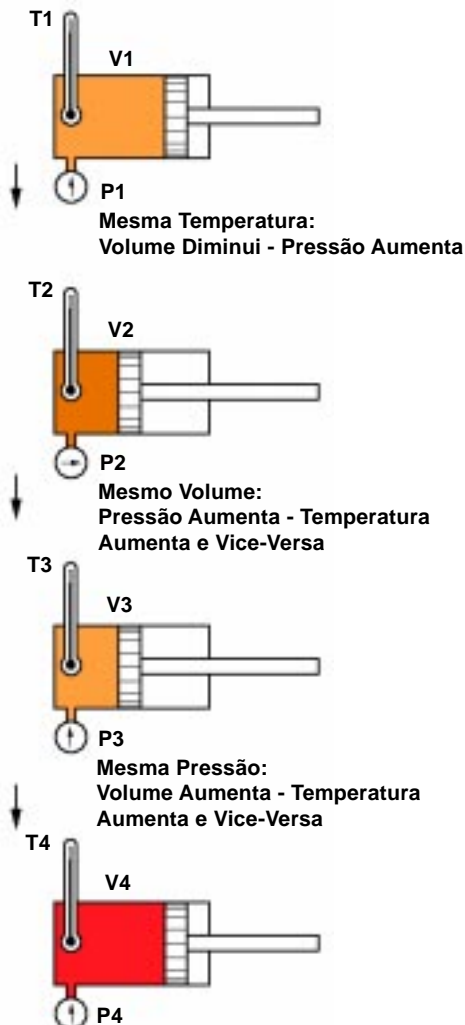
## Efeitos Combinados entre as 3 Variáveis Físicas do Gás

### Lei Geral dos Gases Perfeitos

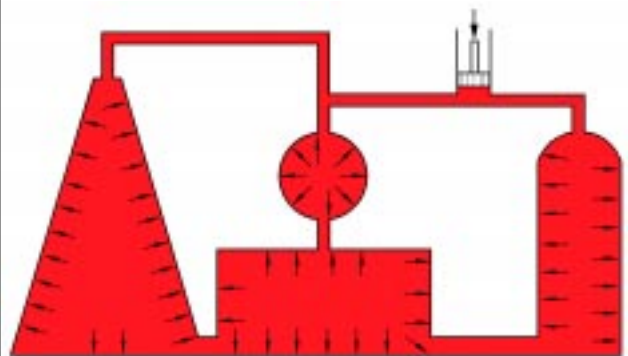
As leis de Boyle-Mariotte, Charles e Gay Lussac referem-se a transformações de estado, nas quais uma das variáveis físicas permanece constante.
Geralmente, a transformação de um estado para outro envolve um relacionamento entre todas, sendo assim, a relação generalizada é expressa pela fórmula:

$$\frac{P1V1}{T1} = \frac{P2V2}{T2}$$

De acordo com esta relação são conhecidas as três variáveis do gás. Por isso, se qualquer uma delas sofrer alteração, o efeito nas outras poderá ser previsto.

**Efeito Combinado entre as Três Variáveis Físicas**

## Princípio de Pascal

Constata-se que o ar é muito compressível sob ação de pequenas forças. Quando contido em um recipiente fechado, o ar exerce uma pressão igual sobre as paredes, em todos os sentidos.
Por Blaise Pascal temos: "A pressão exercida em um líquido confinado em forma estática atua em todos os sentidos e direções, com a mesma intensidade, exercendo forças iguais em áreas iguais".

**Princípio de Blaise Pascal**

**1 -** Suponhamos um recipiente cheio de um líquido, o qual é praticamente incompressível;
**2 -** Se aplicarmos uma força de 10 Kgf num êmbolo de 1 $cm^2$ de área;
**3 -** O resultado será uma pressão de 10 $Kgf/cm^2$ nas paredes do recipiente.

$$p = \frac{F}{A}$$

No S.I. F - Newton (Força)
P - $Newton/m^2$ (Pressão)
A - $m^2$ (Área)
No MKS* F - kgf (Força)
P - $kgf/cm^2$ (Pressão)
A - $cm^2$ (Área)
Temos que: 1 kgf = 9,8 N

**Nota:** Pascal não faz menção ao fator atrito, existente quando o líquido está em movimento, pois baseia-se na forma estática e não nos líquidos em movimento.

# 3. Produção e Distribuição

**Nota:**
Em nosso livro, encontraremos, daqui para adiante, figuras e desenhos que foram ilustrados em cores.
Essas cores não foram estabelecidas aleatoriamente.
Um circuito pneumático ou hidráulico pode ser mais facilmente interpretado quando trabalhamos com "cores técnicas", colorindo as linhas de fluxo, com o objetivo de identificar o que está ocorrendo com o mesmo ou qual função que este desenvolverá.
As cores utilizadas para esse fim são normalizadas, porém existe uma diversificação em função da norma seguida.

Apresentamos abaixo as cores utilizadas pelo ANSI (American National Standard Institute), que substitui a organização ASA: sua padronização de cores é bem completa e abrange a maioria das necessidades de um circuito.

**Vermelho**
Indica pressão de alimentação, pressão normal do sistema, é a pressão do processo de transformação de energia; ex.: compressor.

**Violeta**
Indica que a pressão do sistema de transformação de energia foi intensificada; ex.: multiplicador de pressão.

**Laranja**
Indica linha de comando, pilotagem ou que a pressão básica foi reduzida; ex.: pilotagem de uma válvula.

**Amarelo**
Indica uma restrição no controle de passagem do fluxo; ex.: utilização de válvula de controle de fluxo.

**Azul**
Indica fluxo em descarga, escape ou retorno; ex.: exaustão para atmosfera.

**Verde**
Indica sucção ou linha de drenagem; ex.: sucção do compressor.

**Branco**
Indica fluido inativo; ex.: armazenagem.

## Elementos de Produção de Ar Comprimido - Compressores

### Definição

Compressores são máquinas destinadas a elevar a pressão de um certo volume de ar, admitido nas condições atmosféricas, até uma determinada pressão, exigida na execução dos trabalhos realizados pelo ar comprimido.

### Classificação e Definição Segundo os Princípios de Trabalho

São duas as classificações fundamentais para os princípios de trabalho.

### Deslocamento Positivo

Baseia-se fundamentalmente na redução de volume.
O ar é admitido em uma câmara isolada do meio exterior, onde seu volume é gradualmente diminuído, processando-se a compressão.
Quando uma certa pressão é atingida, provoca a abertura de válvulas de descarga, ou simplesmente o ar é empurrado para o tubo de descarga durante a contínua diminuição do volume da câmara de compressão.

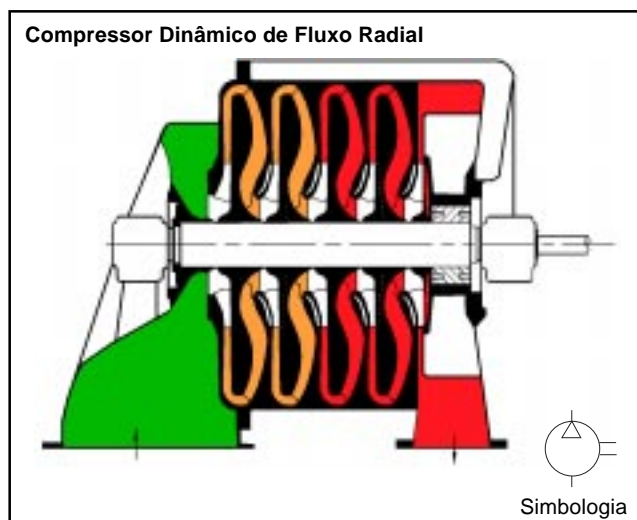
### Deslocamento dinâmico

A elevação da pressão é obtida por meio de conversão de energia cinética em energia de pressão, durante a passagem do ar através do compressor.
O ar admitido é colocado em contato com impulsores (rotor laminado) dotados de alta velocidade. Este ar é acelerado, atingindo velocidades elevadas e consequentemente os impulsores transmitem energia cinética ao ar. Posteriormente, seu escoamento é retardado por meio de difusores, obrigando a uma elevação na pressão.

**Difusor**
É uma espécie de duto que provoca diminuição na velocidade de escoamento de um fluido, causando aumento de pressão.

## Tipos Fundamentais de Compressores

São apresentados a seguir alguns dos tipos de compressores.

## Compressor Dinâmico de Fluxo Radial

O ar é acelerado a partir do centro de rotação, em direção à periferia, ou seja, é admitido pela primeira hélice (rotor dotado de lâminas dispostas radialmente), axialmente, é acelerado e expulso radialmente.

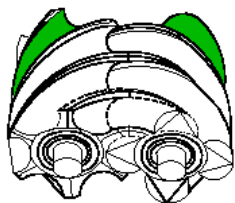
Quando vários estágios estão reunidos em uma carcaça única, o ar é obrigado a passar por um difusor antes de ser conduzido ao centro de rotação do estágio seguinte, causando a conversão de energia cinética em energia de pressão.
A relação de compressão entre os estágios é determinada pelo desenho da hélice, sua velocidade tangencial e a densidade do gás.

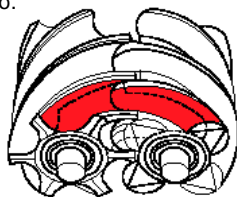
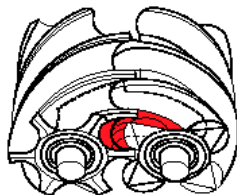
O resfriamento entre os estágios, a princípio, era realizado através de camisas d'água nas paredes internas do compressor. Atualmente, existem resfriadores intermediários separados, de grande porte, devido à sensibilidade à pressão, por onde o ar é dirigido após dois ou três estágios, antes de ser injetado no grupo seguinte. Em compressores de baixa pressão não existe resfriamento intermediário.
Os compressores de fluxo radial requerem altas velocidades de trabalho, como por exemplo 334, 550, 834 até 1667 r.p.s.. Isto implica também em um deslocamento mínimo de ar (0,1667 $m^3$/s).
As pressões influem na sua eficiência, razão pela qual geralmente são geradores de ar comprimido. Assim, comparando-se a sua eficiência com a de um compressor de deslocamento positivo, esta seria menor. Por isso, esses compressores são empregados quando se exigem grandes volumes de ar comprimido.

## Compressor de Parafuso

Este compressor é dotado de uma carcaça onde giram dois rotores helicoidais em sentidos opostos. Um dos rotores possui lóbulos convexos, o outro uma depressão côncava e são denominados, respectivamente, rotor macho e rotor fêmea.
Os rotores são sincronizados por meio de engrenagens; entretanto existem fabricantes que fazem com que um rotor acione o outro por contato direto.
O processo mais comum é acionar o rotor macho, obtendo-se uma velocidade menor do rotor fêmea.
Estes rotores revolvem-se numa carcaça cuja superfície interna consiste de dois cilindros ligados como um "oito".

Nas extremidades da câmara existem aberturas para admissão e descarga do ar. O ciclo de compressão pode ser seguido pelas figuras a,b,c,d.

**Ciclo de Trabalho de um Compressor de Parafuso**

**a -** O ar entra pela abertura de admissão preenchendo o espaço entre os parafusos. A linha tracejada representa a abertura da descarga.

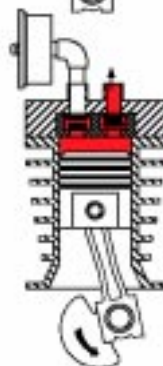
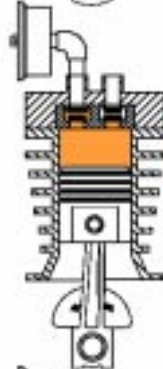
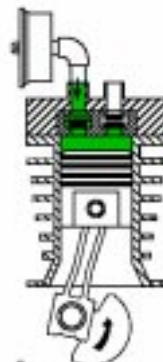
**b -** À medida que os rotores giram, o ar é isolado, tendo início a compressão.

**c -** O movimento de rotação produz uma compressão suave, que continua até ser atingido o começo da abertura de descarga.

**d -** O ar comprimido é suavemente descarregado do compressor, ficando a abertura de descarga selada, até a passagem do volume comprimido no ciclo seguinte.

Simbologia

O ar à pressão atmosférica ocupa espaço entre os rotores e, conforme eles giram, o volume compreendido entre os mesmos é isolado da admissão. Em seguida, começa a decrescer, dando início à compressão. Esta prossegue até uma posição tal que a descarga é descoberta e o ar é descarregado continuamente, livre de pulsações. No tubo de descarga existe uma válvula de retenção, para evitar que a pressão faça o compressor trabalhar como motor durante os períodos em que estiver parado.

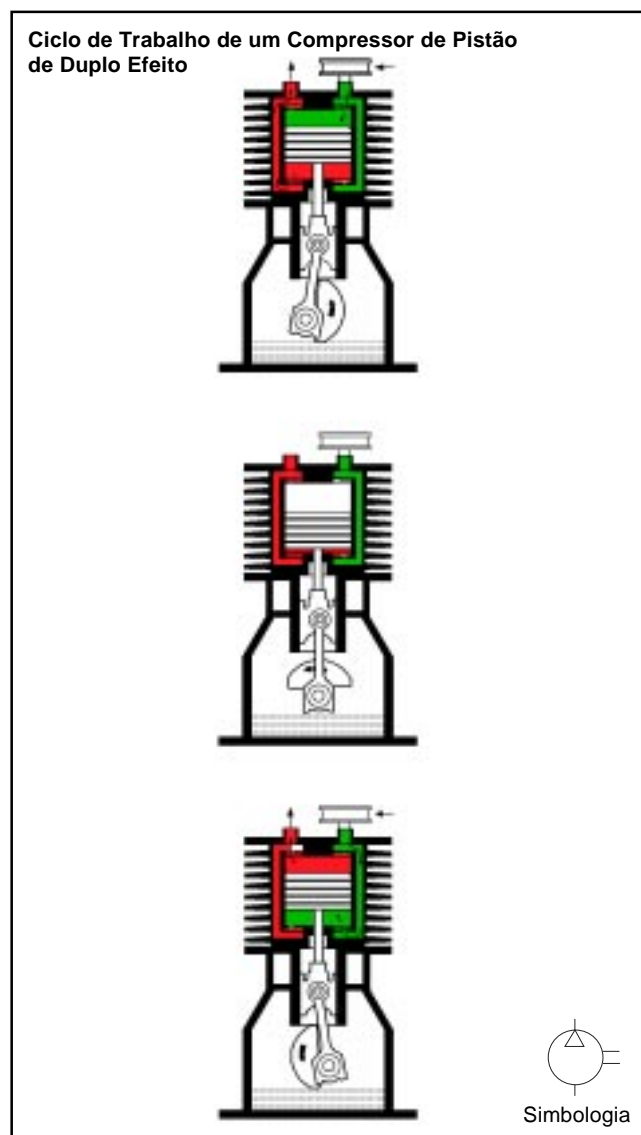
## Compressor de Simples Efeito ou Compressor Tipo Tronco

Este tipo de compressor leva este nome por ter somente uma câmara de compressão, ou seja, apenas a face superior do pistão aspira o ar e comprime; a câmara formada pela face inferior está em conexão com o carter. O pistão está ligado diretamente ao virabrequim por uma biela (este sistema de ligação é denominado tronco), que proporciona um movimento alternativo de sobe e desce ao pistão, e o empuxo é totalmente transmitido ao cilindro de compressão.
Iniciado o movimento descendente, o ar é aspirado por meio de válvulas de admissão, preenchendo a câmara de compressão. A compressão do ar tem início com o movimento da subida. Após obter-se uma pressão suficiente para abrir a válvula de descarga, o ar é expulso para o sistema.

**Ciclo de Trabalho de um Compressor de Pistão de Simples Efeito**

Simbologia

## Compressor de Duplo Efeito - Compressor Tipo Cruzeta

Este compressor é assim chamado por ter duas câmaras, ou seja, as duas faces do êmbolo aspiram e comprimem. O virabrequim está ligado a uma cruzeta por uma biela; a cruzeta, por sua vez, está ligada ao êmbolo por uma haste. Desta maneira consegue transmitir movimento alternativo ao êmbolo, além do que, a força de empuxo não é mais transmitida ao cilindro de compressão e sim às paredes guias da cruzeta. O êmbolo efetua o movimento descendente e o ar é admitido na câmara superior, enquanto que o ar contido na câmara inferior é comprimido e expelido. Procedendo-se o movimento oposto, a câmara que havia efetuado a admissão do ar realiza a sua compressão e a que havia comprimido efetua a admissão. Os movimentos prosseguem desta maneira, durante a marcha do trabalho.

**Ciclo de Trabalho de um Compressor de Pistão de Duplo Efeito**

## Complementação sobre os Compressores

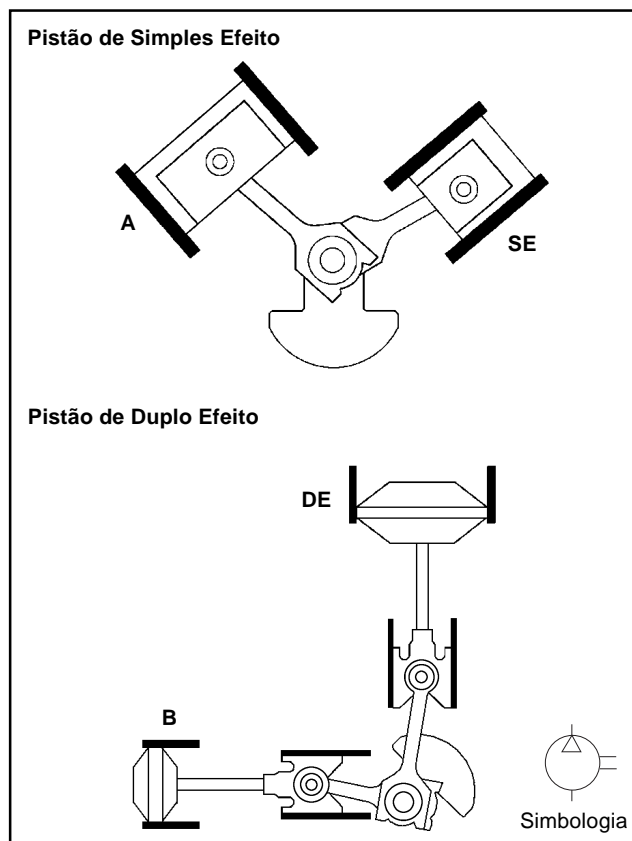
### Cilindros (Cabeçotes)

São executados, geralmente, em ferro fundido perlítico de boa resistência mecânica, com dureza suficiente e boas características de lubrificação devido à presença de carbono sob a forma de grafite.
Pode ser fundido com aletas para resfriamento com ar, ou com paredes duplas para resfriamento com água (usam-se geralmente o bloco de ferro fundido e camisas de aço).
A quantidade de cilindros com camisas determina o número de estágios que podem ser:

### Êmbolo (pistão)

O seu formato varia de acordo com a articulação existente entre ele e a biela.
Nos compressores de S.E., o pé da biela se articula diretamente sobre o pistão e este, ao subir, provoca empuxo na parede do cilindro. Em consequência, o êmbolo deve apresentar uma superfície de contato suficiente. No caso de D.E., o empuxo lateral é suportado pela cruzeta e o êmbolo é rigidamente preso à haste. Os êmbolos são feitos de ferro fundido ou ligas de alumínio.

**Pistão de Simples Efeito**

**Pistão de Duplo Efeito**

## Sistema de Refrigeração dos Compressores (Resfriamento Intermediário)

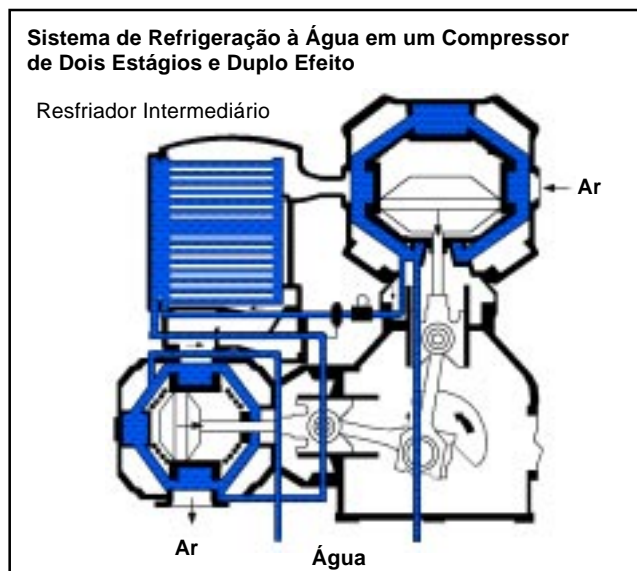
Remove o calor gerado entre os estágios de compressão, visando:

- Manter baixa a temperatura das válvulas, do óleo lubrificante e do ar que está sendo comprimido (com a queda de temperatura do ar a umidade é removida).
- Aproximar a compressão da isotérmica, embora esta dificilmente possa ser atingida, devido à pequena superfície para troca de calor.
- Evitar deformação do bloco e cabeçote, devido às temperaturas.
- Aumentar a eficiência do compressor.

O sistema de refrigeração compreende duas fases:
Resfriamento dos cilindros de compressão
Resfriamento do Resfriador Intermediário
Um sistema de refrigeração ideal é aquele em que a temperatura do ar na saída do resfriador intermediário é igual à temperatura de admissão deste ar. O resfriamento pode ser realizado por meio de ar em circulação, ventilação forçada e água, sendo que o resfriamento à água é o ideal porque provoca condensação de umidade; os demais não provocam condensação.

## Resfriamento à Água

Os blocos dos cilindros são dotados de paredes duplas, entre as quais circula água. A superfície que exige um melhor resfriamento é a do cabeçote, pois permanece em contato com o gás ao fim da compressão. No resfriador intermediário empregam-se, em geral, tubos com aletas. O ar a ser resfriado passa em torno dos tubos, transferindo o calor para a água em circulação.

**Sistema de Refrigeração à Água em um Compressor de Dois Estágios e Duplo Efeito**

Esta construção é preferida, pois permite maior vazão e maior troca de calor.
A água utilizada para este fim deve ter baixa temperatura, pressão suficiente, estar livre de impurezas e ser mole, isto é, conter pouco teor de sais de cálcio ou outras substâncias.
O processo de resfriamento se inicia, geralmente, pela circulação de água através da câmara de baixa pressão, entrando posteriormente em contato com o resfriador intermediário. Além de provocar o resfriamento do ar, uma considerável quantidade de umidade é retida, em consequência da queda de temperatura provocada no fluxo de ar proveniente do estágio de baixa pressão.
Em seguida, a água é dirigida para a câmara de alta pressão, sendo eliminada do interior do compressor, indo para as torres ou piscinas de resfriamento. Aqui, todo o calor adquirido é eliminado da água, para que haja condições de reaproveitamento. Determinados tipos de compressores necessitam de grandes quantidades de água e, portanto, não havendo um reaproveitamento, haverá gastos. Este reaproveitamento se faz mais necessário quando a água disponível é fornecida racionalmente para usos gerais.
Os compressores refrigeradores à água necessitam atenção constante, para que o fluxo refrigerante não sofra qualquer interrupção, o que acarretaria um aumento sensível na temperatura de trabalho.
Determinados tipos de compressores possuem, no sistema de resfriamento intermediário, válvulas termostáticas, visando assegurar o seu funcionamento e protegendo-o contra a temperatura excessiva, por falta d'água ou outro motivo qualquer. O resfriamento intermediário pela circulação de água é o mais indicado.

## Resfriamento a Ar

Compressores pequenos e médios podem ser, vantajosamente, resfriados a ar num sistema muito prático, particularmente em instalações ao ar livre ou onde o calor pode ser retirado facilmente das dependências. Nestes casos, o resfriamento a ar é a alternativa conveniente. Existem dois modos básicos de resfriamento por ar :

**Circulação** - os cilindros e cabeçotes, geralmente, são aletados a fim de proporcionar maior troca de calor, o que é feito por meio da circulação do ar ambiente e com auxílio de hélices nas polias de transmissão.

**Ventilação Forçada** - a refrigeração interna dos cabeçotes e resfriador intermediário é conseguida através de ventilação forçada, ocasionada por uma ventoinha, obrigando o ar a circular no interior do compressor.

## Manutenção do Compressor

Esta é uma tarefa importante dentro do setor industrial. É imprescindível seguir as instruções recomendadas pelo fabricante que, melhor do que ninguém, conhece os pontos vitais de manutenção.
Um plano semanal de manutenção será previsto, e nele será programada uma verificação no nível de lubrificação, nos lugares apropriados e, particularmente, nos mancais do compressor, motor e no carter.
Neste mesmo prazo será prevista a limpeza do filtro de ar e a verificação experimental da válvula de segurança, para comprovação do seu real funcionamento.
Será prevista também a verificação da tensão das correias.
Periodicamente, será verificada a fixação do volante sobre o eixo de manivelas.

## Considerações Sobre Irregularidades na Compressão

Como na compressão o ar é aquecido, é normal um aquecimento do compressor. Porém, às vezes o aquecimento exagerado pode ser devido a uma das seguintes causas:

a) Falta de óleo no carter
b) Válvulas presas
c) Ventilação insuficiente
d) Válvulas sujas
e) Óleo do carter viscoso demais
f) Válvulas de recalque quebradas
g) Filtro de ar entupido

Em caso de "batidas" ou barulho anormal, observar os itens seguintes:

a) Carvão no pistão
b) Folga ou desgaste nos pinos que prendem as buchas e os pistões
c) Jogo nos mancais das buchas no eixo das manivelas
d) Desgaste nos mancais principais
e) Válvulas mal assentadas
f) Volante solto

Se os períodos de funcionamento são mais longos que os normais, isto pode ser devido a:

a) Entupimento do filtro de ar
b) Perda de ar nas linhas
c) Válvulas sujas ou emperradas
d) Necessidade de maior capacidade de ar

## Preparação do ar Comprimido

### Umidade

O ar atmosférico é uma mistura de gases, principalmente de oxigênio e nitrogênio, e contém contaminantes de três tipos básicos: água, óleo e poeira.
As partículas de poeira, em geral abrasivas, e o óleo queimado no ambiente de lubrificação do compressor, são responsáveis por manchas nos produtos.
A água é responsável por outra série de inconvenientes que mencionaremos adiante.
O compressor, ao admitir ar, aspira também os seus compostos e, ao comprimir, adiciona a esta mistura o calor sob a forma de pressão e temperatura, além de adicionar óleo lubrificante.
Os gases sempre permanecem em seu estado nas temperaturas e pressões normais encontradas no emprego da pneumática. Componentes com água sofrerão condensação e ocasionarão problemas.

Sabemos que a quantidade de água absorvida pelo ar está relacionada com a sua temperatura e volume.
A maior quantidade de vapor d'água contida num volume de ar sem ocorrer condensação dependerá da temperatura de saturação ou ponto de orvalho a que está submetido este volume.
No ar comprimido temos ar saturado. O ar estará saturado quando a pressão parcial do vapor d'água for igual à pressão de saturação do vapor d'água, à temperatura local. O vapor é superaquecido quando a pressão parcial do vapor d'água for menor que a pressão de saturação. Enquanto tivermos a presença de água em forma de vapor normalmente superaquecido, nenhum problema ocorrerá.
Analisemos agora: um certo volume de ar está saturado com vapor d'água, isto é, sua umidade relativa é 100%; comprimimos este volume até o dobro da pressão absoluta, o seu volume se reduzirá à metade.
Logicamente, isto significará que sua capacidade de reter vapor d'água também foi reduzida à metade devido ao aumento da pressão e redução do seu volume. Então o excesso de vapor será precipitado como água. Isto ocorre se a temperatura for mantida constante durante a compressão, ou seja, processo isotérmico de compressão.

Entretanto, isso não acontece; verifica-se uma elevação considerável na temperatura durante a compressão.
Como foi mencionado anteriormente, a capacidade de retenção da água pelo ar está relacionada com a temperatura, sendo assim, não haverá precipitação no interior das câmaras de compressão. A precipitação de água ocorrerá quando o ar sofrer um resfriamento, seja no resfriador ou na linha de distribuição.
Isto explica porque no ar comprimido existe sempre

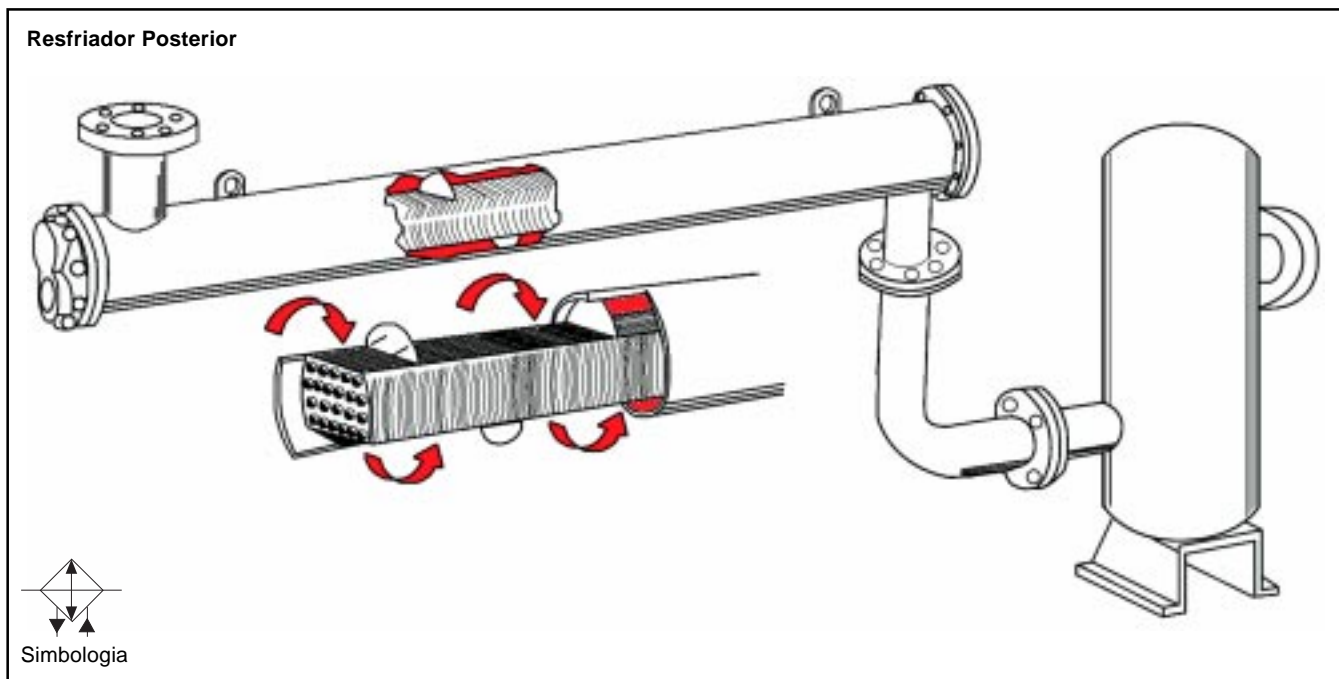
ar saturado com vapor d'água em suspensão, que se precipita ao longo das tubulações na proporção em que se resfria.
Quando o ar é resfriado à pressão constante, a temperatura diminui, então a parcial do vapor será igual à pressão de saturação no ponto de orvalho. Qualquer resfriamento adicional provocará condensação da umidade.
Denomina-se Ponto de Orvalho o estado termodinâmico correspondente ao início da condensação do vapor d'água, quando o ar úmido é resfriado e a pressão parcial do vapor é constante.

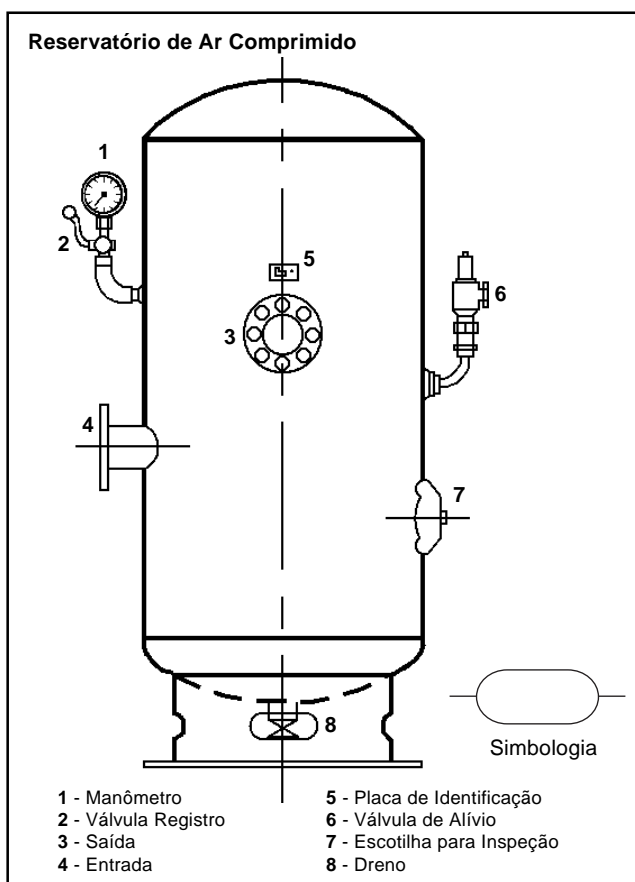
A presença desta água condensada nas linhas de ar, causada pela diminuição de temperatura, terá como consequências:

- Oxida a tubulação e componentes pneumáticos.
- Destrói a película lubrificante existente entre as duas superfícies que estão em contato, acarretando desgaste prematuro e reduzindo a vida útil das peças, válvulas, cilindros, etc.
- Prejudica a produção de peças.
- Arrasta partículas sólidas que prejudicarão o funcionamento dos componentes pneumáticos.
- Aumenta o índice de manutenção
- Impossibilita a aplicação em equipamentos de pulverização.
- Provoca golpes de ariete nas superfícies adjacentes, etc.

Portanto, é da maior importância que grande parte da água, bem como dos resíduos de óleo, seja removida do ar para evitar redução de todos os dispositivos e máquinas pneumáticas.

## Resfriador Posterior

Como vimos no tópico anterior, a umidade presente no ar comprimido é prejudicial, supondo que a temperatura de descarga de uma compressão seja de 130$^o$C, sua capacidade de retenção de água é de 1,496 Kg/m$^3$ e à medida que esta temperatura diminui, a água precipita-se no sistema de distribuição, causando sérios problemas.
Para resolver de maneira eficaz o problema inicial da água nas instalações de ar comprimido, o equipamento mais completo é o resfriador posterior, localizado entre a saída do compressor e o reservatório, pelo fato de que o ar comprimido na saída atinge sua maior temperatura.
O resfriador posterior é simplesmente um trocador de calor utilizado para resfriar o ar comprimido. Como consequência deste resfriamento, permite-se retirar cerca de 75% a 90% do vapor de água contido no ar, bem como vapores de óleo; além de evitar que a linha de distribuição sofra uma dilatação, causada pela alta da temperatura de descarga do ar. Ainda mais, devido às paradas e à presença de umidade, poderemos ter na linha choques térmicos e contrações, acarretando trincamentos nas uniões soldadas, que viriam a ser ponto de fuga para o ar, além de manter a temperatura do ar compatível com as vedações sintéticas utilizadas pelos componentes pneumáticos.
Um resfriador posterior é constituído basicamente de duas partes: um corpo geralmente cilíndrico onde se alojam feixes de tubos confeccionados com materiais de boa condução de calor, formando no interior do corpo uma espécie de colméia. A segunda parte é um separador de condensado dotado de dreno.
O ar proveniente do compressor é obrigado a passar através dos tubos, sempre em sentido oposto ao fluxo da água de refrigeração, que é mudado constantemente de direção por placas defletoras, garantindo, desta forma, uma maior dissipação de calor.
Na saída, está o separador. Devido à sinuosidade do caminho que o ar deve percorrer, provoca a eliminação da água condensada, que fica retida numa câmara.
A parte inferior do separador é dotada de um dreno manual ou automático na maioria dos casos, através do qual a água condensada é expulsa para a atmosfera.
Deve-se observar cuidadosamente a temperatura da água fornecida para o resfriamento do ar. Do contrário, se o fluido refrigerante for circulado com uma temperatura elevada ou se o volume necessário de água para o resfriamento for insuficiente, o desempenho do resfriador poderá ser comprometido.
A temperatura na saída do resfriador dependerá da temperatura com que o ar é descarregado, da temperatura da água de refrigeração e do volume de água necessário para a refrigeração. Certamente, a capacidade do compressor influi diretamente no porte do resfriador.
Devido ao resfriamento, o volume de ar disponível é reduzido e, portanto, a sua energia também sofre redução.
Contudo, o emprego do resfriador posterior não representa perda real de enegia, já que o ar deveria, de qualquer forma, ser resfriado na tubulação de distribuição, causando os efeitos indesejáveis já mencionados.
Com o resfriador estes problemas são minimizados.

## Reservatório de ar Comprimido

Um sistema de ar comprimido é dotado, geralmente, de um ou mais reservatórios, desempenhando grandes funções junto a todo o processo de produção.

Em geral, o reservatório possui as seguintes funções:
- Armazenar o ar comprimido.
- Resfriar o ar auxiliando a eliminação do condensado.
- Compensar as flutuações de pressão em todo o sistema de distribuição.
- Estabilizar o fluxo de ar.
- Controlar as marchas dos compressores, etc.

Os reservatórios são construídos no Brasil conforme a norma PNB 109 da A.B.N.T, que recomenda:
Nenhum reservatório deve operar com uma pressão acima da Pressão Máxima de Trabalho permitida, exceto quando a válvula de segurança estiver dando vazão; nesta condição, a pressão não deve ser excedida em mais de 6% do seu valor.

## Localização

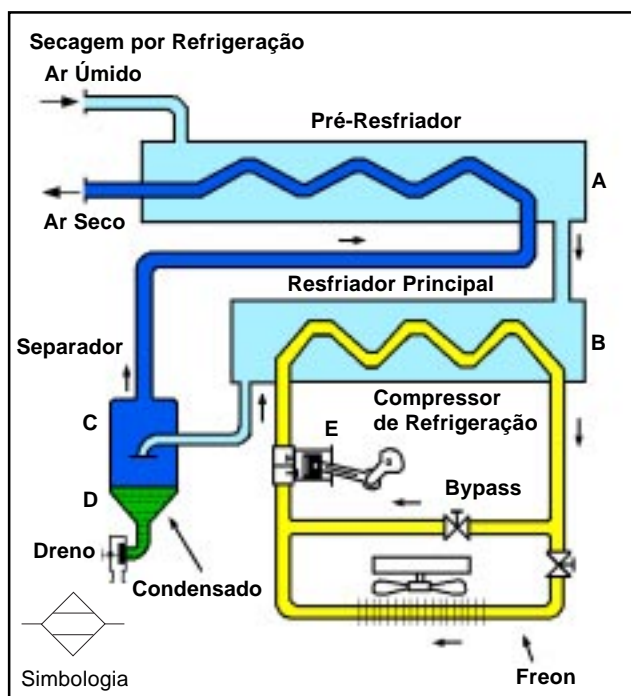
Os reservatórios devem ser instalados de modo que todos os drenos, conexões e aberturas de inspeção sejam facilmente acessíveis. Em nenhuma condição, o reservatório deve ser enterrado ou instalado em local de difícil acesso; deve ser instalado, de preferência, fora da casa dos compressores, na sombra, para facilitar a condensação da umidade e do óleo contidos no ar comprimido; deve possuir um dreno no ponto mais baixo para fazer a remoção deste condensado acumulado em cada 8 horas de trabalho; o dreno, preferencialmente, deverá ser automático. Os reservatórios são dotados ainda de manômetro, válvulas de segurança, e são submetidos a uma prova de pressão hidrostática, antes da utilização.

## Desumidificação do Ar

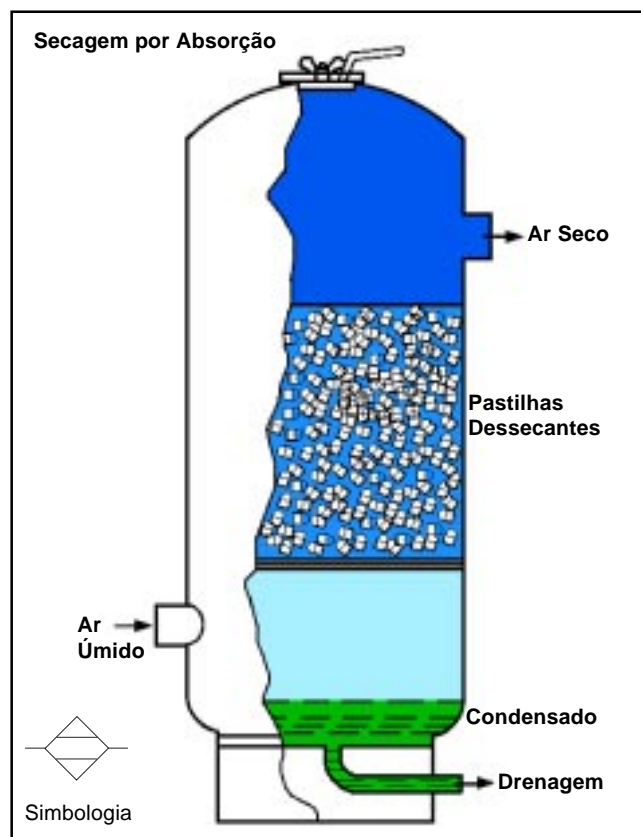
A presença de umidade no ar comprimido é sempre prejudicial para as automatizações pneumáticas, pois causa sérias consequências.
É necessário eliminar ou reduzir ao máximo esta umidade. O ideal seria eliminá-la do ar comprimido de modo absoluto, o que é praticamente impossível.
Ar seco industrial não é aquele totalmente isento de água; é o ar que, após um processo de desidratação, flui com um conteúdo de umidade residual de tal ordem que possa ser utilizado sem qualquer inconveniente. Com as devidas preparações, consegue-se a distribuição do ar com valor de umidade baixo e tolerável nas aplicações encontradas.

A aquisição de um secador de ar comprimido pode figurar no orçamento de uma empresa como um alto investimento. Em alguns casos, verificou-se que um secador chegava a custar 25% do valor total da instalação de ar. Mas cálculos efetuados mostravam também os prejuízos causados pelo ar úmido: substituição de componentes pneumáticos, filtros, válvulas, cilindros danificados, impossibilidade de aplicar o ar em determinadas operações como pintura, pulverizações e ainda mais os refugos causados na produção de produtos. Concluiu-se que o emprego do secador tornou-se altamente lucrativo, sendo pago em pouco tempo de trabalho, considerando-se somente as peças que não eram mais refugadas pela produção.
Os meios utilizados para secagem do ar são múltiplos. Vamos nos referir aos três mais importantes, tanto pelos resultados finais obtidos quanto por sua maior difusão.

## Secagem por Refrigeração

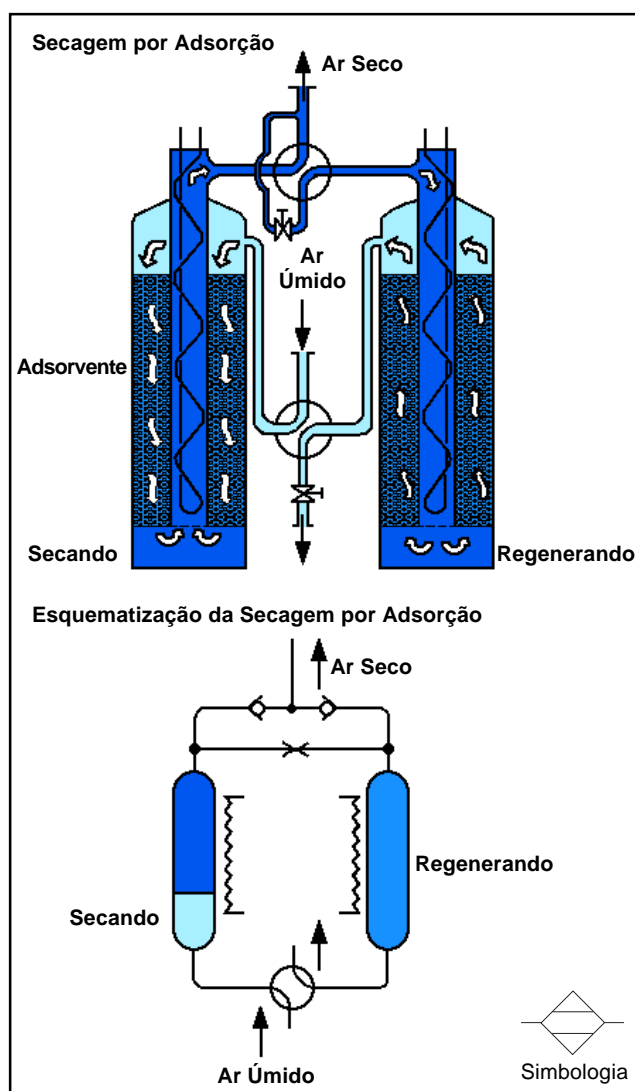
O método de desumidificação do ar comprimido por refrigeração consiste em submeter o ar a uma temperatura suficientemente baixa, a fim de que a quantidade de água existente seja retirada em grande parte e não prejudique de modo algum o funcionamento dos equipamentos, porque, como mencionamos anteriormente, a capacidade do ar de reter umidade está em função da temperatura.
Além de remover a água, provoca, no compartimento de resfriamento, uma emulsão com o óleo lubrificante do compressor, auxiliando na remoção de certa quantidade.
O método de secagem por refrigeração é bastante simples.

O ar comprimido entra, inicialmente, em um pré-resfriador (trocador de calor) (A), sofrendo uma queda de temperatura causada pelo ar que sai do resfriador principal (B).
No resfriador principal o ar é resfriado ainda mais, pois está em contato com um circuito de refrigeração.
Durante esta fase, a umidade presente no A.C. forma pequenas gotas de água corrente chamadas condensado e que são eliminadas pelo separador (C), onde a água depositada é evacuada através de um dreno (D) para a atmosfera.
A temperatura do A.C. é mantida entre 0,65 e 3,2°C no resfriador principal, por meio de um termostato que atua sobre o compressor de refrigeração (E).
O A.C. seco volta novamente ao trocador de calor inicial (A), causando o pré-resfriamento no ar úmido de entrada, coletando parte do calor deste ar. O calor adquirido serve para recuperar sua energia e evitar o resfriamento por expansão, que ocasionaria a formação de gelo, caso fosse lançado a uma baixa temperatura na rede de distribuição, devido à alta velocidade.

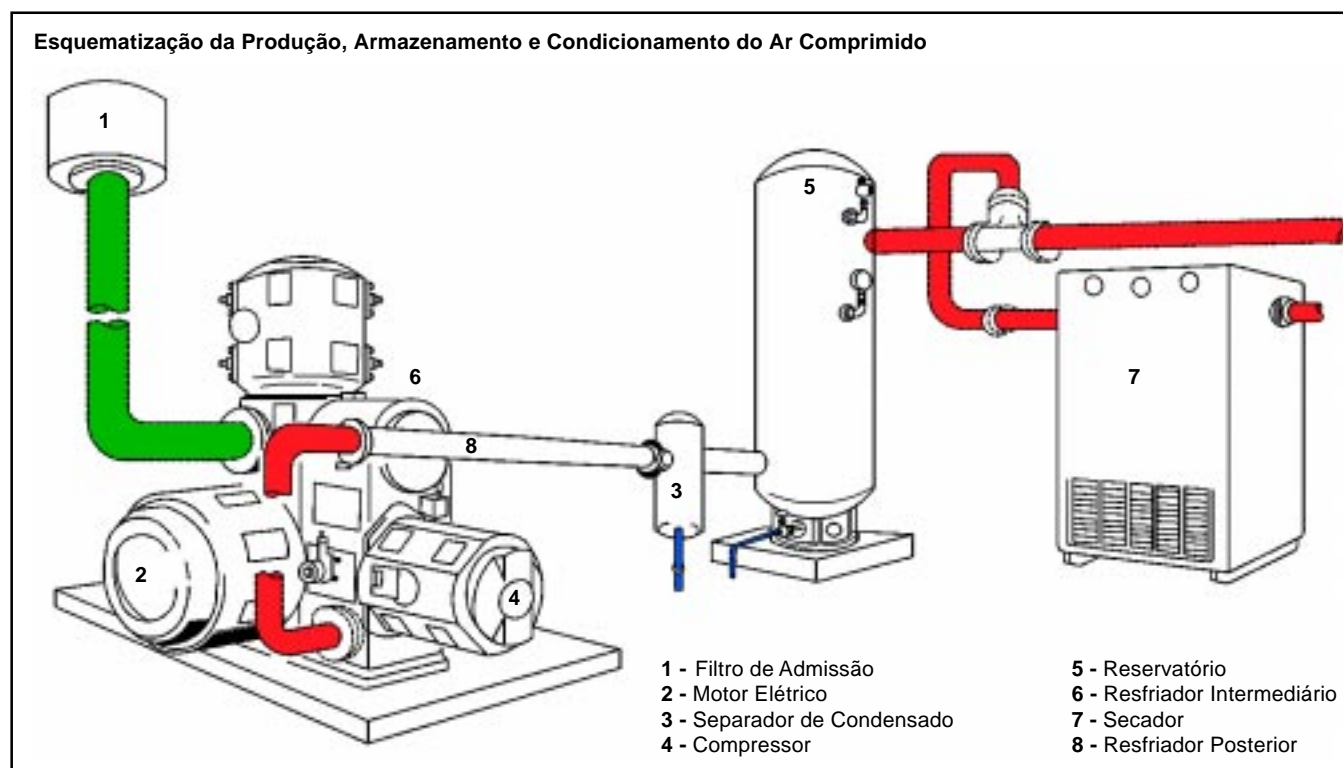
## Secagem Por Absorção

É a fixação de um absorto, geralmente líquido ou gasoso, no interior da massa de um absorto sólido, resultante de um conjunto de reações químicas. Em outras palavras, é o método que utiliza em um circuito uma substância sólida ou líquida, com capacidade de absorver outra substância líquida ou gasosa.
Este processo é também chamado de Processo Químico de Secagem, pois o ar é conduzido no interior de um volume atráves de uma massa higroscópica, insolúvel ou deliquescente que absorve a umidade do ar, processando-se uma reação química.
As substâncias higroscópicas são classificadas como insolúveis quando reagem quimicamente com o vapor d'água, sem se liquefazerem. São deliquescentes quando, ao absorver o vapor d'água, reagem e tornam-se líquidas.

### As principais substâncias utilizadas são:

Cloreto de Cálcio, Cloreto de Lítio, Dry-o-Lite.
Com a consequente diluição das substâncias, é necessária uma reposição regular, caso contrário o processo torna-se deficiente.
A umidade retirada e a substância diluída são depositadas na parte inferior do invólucro, junto a um dreno, de onde são eliminadas para a atmosfera.

## Secagem Por Adsorção

É a fixação das moléculas de um adsorvato na superfície de um adsorvente geralmente poroso e granulado, ou seja, é o processo de depositar moléculas de uma substância (ex. água) na superfície de outra substância, geralmente sólida (ex.$SiO_2$). Este método também é conhecido por Processo Físico de Secagem, porém seus detalhes são desconhecidos. É admitido como teoria que na superfície dos corpos sólidos existem forças desbalanceadas, influenciando moléculas líquidas e gasosas através de sua força de atração; admite-se, portanto, que as moléculas (adsorvato) são adsorvidas nas camadas mono ou multimoleculares dos corpos sólidos, para efetuar um balanceamento semelhante à Lei dos Octetos dos átomos. O processo de adsorção é regenerativo; a substância adsorvente, após estar saturada de umidade, permite a liberação de água quando submetida a um aquecimento regenerativo.

Para secar o ar existem dois tipos básicos de secadores:
Torres Duplas: é o tipo mais comum. As torres são preenchidas com Óxido de Silício $SiO_2$(Silicagel), Alumina Ativa $Al_2O_3$, Rede Molecular (Na Al $O_2$ Si $O_2$) ou ainda Sorbead.
Através de uma válvula direcional, o ar úmido é orientado para uma torre, onde haverá a secagem do ar. Na outra torre ocorrerá a regeneração da substância adsorvente, que poderá ser feita por injeção de ar quente; na maioria dos casos por resistores e circulação de ar seco.
Havendo o aquecimento da substância, provocaremos a evaporação da umidade. Por meio de um fluxo de ar seco a água em forma de vapor é arrastada para a atmosfera.
Terminado um período de trabalho preestabelecido, há inversão nas função das torres, por controle manual ou automático na maioria dos casos; a torre que secava o ar passa a ser regenerada e outra inicia a secagem.
Ao realizar-se a secagem do ar com as diferentes substâncias, é importante atentar para máxima temperatura do ar seco, como também para a temperatura de regeneração da substância. Estes são fatores que devem ser levados em conta para um bom desempenho do secador.
Na saída do ar deve ser prevista a colocação de um filtro para eliminar a poeira das substâncias, prejudicial para os componentes pneumáticos, bem como deve ser montado um filtro de Carvão Ativo antes da entrada do secador, para eliminar os resíduos de óleo, que, em contato com as substâncias de secagem, causam sua impregnação, reduzindo consideravelmente o seu poder de retenção de umidade.
Como vimos, é de grande importância a qualidade do ar que será utilizado. Esta qualidade poderá ser obtida desde que os condicionamentos básicos do ar comprimido sejam concretizados, representando menores índices de manutenção, maior durabilidade dos componentes pneumáticos, ou seja, será obtida maior lucratividade em relação à automatização efetuada.

**Esquematização da Produção, Armazenamento e Condicionamento do Ar Comprimido**

## Rede de Distribuição

Aplicar, para cada máquina ou dispositivo automatizado, um compressor próprio, é possível somente em casos esporádicos e isolados. Onde existem vários pontos de aplicação, o processo mais conveniente e racional é efetuar a distribuição do ar comprimido situando as tomadas nas proximidades dos utilizadores. A rede de distribuição de A.C. compreende todas as tubulações que saem do reservatório, passando pelo secador e que, unidas, orientam o ar comprimido até os pontos individuais de utilização.

A rede possui duas funções básicas:

1. Comunicar a fonte produtora com os equipamentos consumidores.
2. Funcionar como um reservatório para atender às exigências locais.

Um sistema de distribuição perfeitamente executado deve apresentar os seguintes requisitos:
Pequena queda de pressão entre o compressor e as partes de consumo, a fim de manter a pressão dentro de limites toleráveis em conformidade com as exigências das aplicações.
Não apresentar escape de ar; do contrário haveria perda de potência.
Apresentar grande capacidade de realizar separação de condensado.
Ao serem efetuados o projeto e a instalação de uma planta qualquer de distribuição, é necessário levar em consideração certos preceitos. O não-cumprimento de certas bases é contraproducente e aumenta sensivelmente a necessidade de manutenção.

## Layout

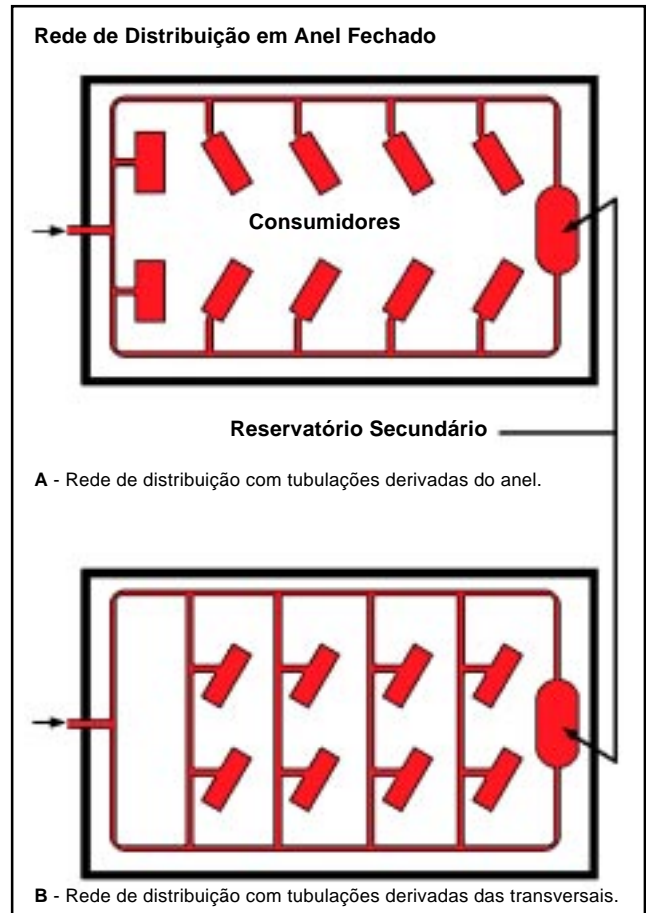
Visando melhor performance na distribuição do ar, a definição do layout é importante. Este deve ser construído em desenho isométrico ou escala, permitindo a obtenção do comprimento das tubulações nos diversos trechos. O layout apresenta a rede principal de distribuição, suas ramificações, todos os pontos de consumo, incluindo futuras aplicações; qual a pressão destes pontos, e a posição de válvulas de fechamento, moduladoras, conexões, curvaturas, separadores de condensado, etc. Através do layout, pode-se então definir o menor percurso da tubulação, acarretando menores perdas de carga e proporcionando economia.

## Formato

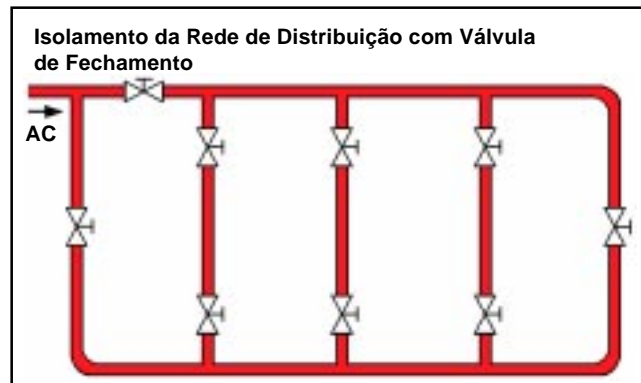
Em relação ao tipo de linha a ser executado, anel fechado (circuito fechado) ou circuito aberto, devem-se analisar as condições favoráveis e desfavoráveis de cada uma. Geralmente a rede de distribuição é em circuito fechado, em torno da área onde há necessidade do ar comprimido.
Deste anel partem as ramificações para os diferentes pontos de consumo.

Rede de Distribuição em Anel Fechado

**A** - Rede de distribuição com tubulações derivadas do anel.

**B** - Rede de distribuição com tubulações derivadas das transversais.

O Anel fechado auxilia na manutenção de uma pressão constante, além de proporcionar uma distribuição mais uniforme do ar comprimido para os consumos intermitentes. Dificulta porém a separação da umidade, porque o fluxo não possui uma direção; dependendo do local de consumo, circula em duas direções.
Existem casos em que o circuito aberto deve ser feito, por ex.: área onde o transporte de materiais e peças é aéreo, pontos isolados, pontos distantes, etc; neste caso, são estendidas linhas principais para o ponto.

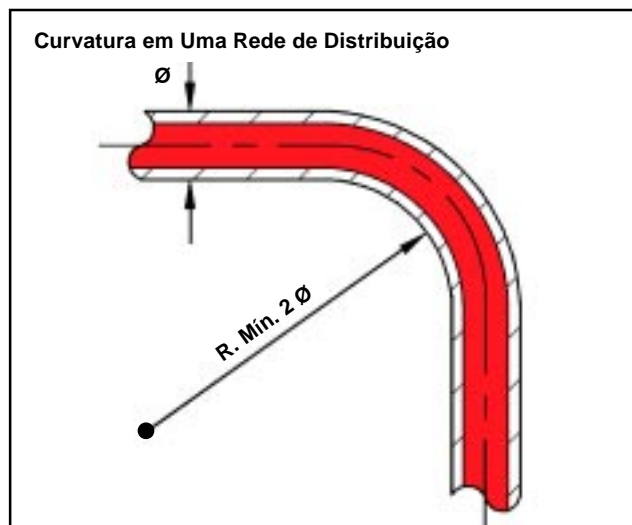
## Válvulas de Fechamento na Linha de Distribuição

São de grande importância na rede de distribuição para permitir a divisão desta em seções, especialmente em casos de grandes redes, fazendo com que as seções tornem-se isoladas para inspeção, modificações e manutenção. Assim, evitamos que outras seções sejam simultaneamente atingidas, não havendo paralisação do trabalho e da produção.

As válvulas mais aplicadas até 2" são do tipo de esfera, diafragma. Acima de 2" são utilizadas as válvulas tipo gaveta.

## Ligações Entre os Tubos

Processam-se de diversas maneiras, rosca, solda, flange, acoplamento rápido, devendo apresentar a mais perfeita vedação.
As ligações roscadas são comuns, devido ao baixo custo e facilidade de montagem e desmontagem. Para evitar vazamentos nas roscas é importante a utilização da fita Teflon, devido às imperfeições existentes na confecção das roscas.
A união realizada por solda oferece menor possibilidade de vazamento, se comparada à união roscada, apesar de um custo maior. As uniões soldadas devem estar cercadas de certos cuidados, as escamas de óxido têm que ser retiradas do interior do tubo, o cordão de solda deve ser o mais uniforme possível.
De maneira geral, a utilização de conexões roscadas se faz até diâmetros de 3". Para valores acima, normalmente recomendam-se conexões soldadas, que podem ser por topo para tubos, soquete para curvas, flanges e válvulas. Para instalações que devem apresentar um maior grau de confiabilidade, recomenda-se uso de conexões flangeadas e soldadas.
Para instalações provisórias, o ideal é o acoplamento rápido, também estanque. Na desmontagem não existem perdas de tubo e não há necessidade de fazer cortes para a remoção.

## Curvatura

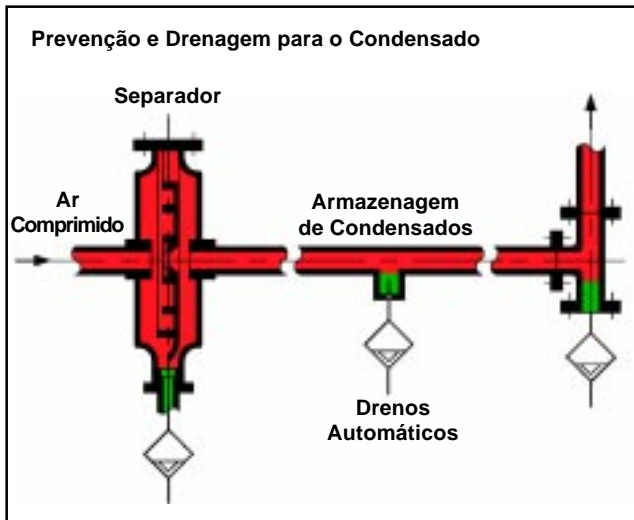
As curvas devem ser feitas no maior raio possível, para evitar perdas excessivas por turbulência. Evitar sempre a colocação de cotovelos 90°. A curva mínima deve possuir na curvatura interior um raio mínimo de duas vezes o diâmetro externo do tubo.

## Inclinação

As tubulações devem possuir uma determinada inclinação no sentido do fluxo interior, pois, enquanto a temperatura de tubulação for maior que a temperatura de saída do ar após os secadores, este sairá praticamente seco; se a temperatura da tubulação baixar, haverá, embora raramente, precipitação de água.
A inclinação serve para favorecer o recolhimento desta eventual condensação e das impurezas devido à formação de óxido, levando-as para o ponto mais baixo, onde são eliminadas para a atmosfera, através do dreno.
O valor desta inclinação é de 0,5 a 2% em função do comprimento reto da tubulação onde for executada.
Os drenos, colocados nos pontos mais baixos, de preferência devem ser automáticos. Se a rede é relativamente extensa, recomenda-se observar a colocação de mais de um dreno, distanciados aproximadamente 20 a 30m um do outro.

## Drenagem de Umidade

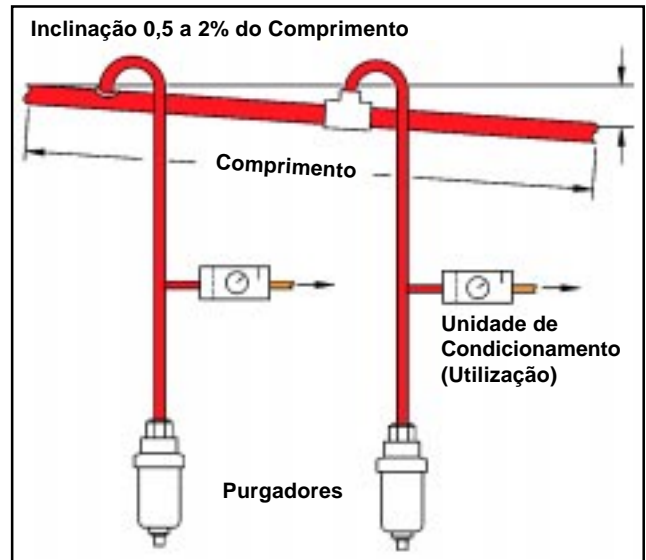
Com os cuidados vistos anteriormente para eliminação do condensado, resta uma umidade remanescente, a qual deve ser removida ou até mesmo eliminada, em caso de condensação da mesma.
Para que a drenagem eventual seja feita, devem ser instalados drenos (purgadores), que podem ser manuais ou automáticos, com preferência para o último

tipo. Os pontos de drenagem devem se situar em todos os locais baixos da tubulação, fim de linha, onde houver elevação de linha, etc.
Nestes pontos, para auxiliar a eficiência da drenagem, podem ser construídos bolsões, que retêm o condensado e o encaminham para o purgador. Estes bolsões, construídos, não devem possuir diâmetros menores que o da tubulação. O ideal é que sejam do mesmo tamanho.

Prevenção e Drenagem para o Condensado

Como mencionamos, restará no ar comprimido uma pequena quantidade de vapor de água em suspensão, e os pontos de drenagem comuns não conseguirão provocar sua eliminação.
Com este intuito, podem-se instalar separadores de condensado, cujo princípio de funcionamento é simples: obrigar o fluxo de ar comprimido a fazer mudanças de direção; o ar muda facilmente, porém as gotículas de umidade chocam-se contra os defletores e neles aderem, formando gotas maiores, que escorrem para o dreno.

## Tomadas de Ar

Devem ser sempre feitas pela parte superior da tubulação principal, para evitar os problemas de condensado já expostos. Recomenda-se ainda que não se realize a utilização direta do ar no ponto terminal do tubo de tomada. No terminal, deve-se colocar uma pequena válvula de drenagem e a utilização deve ser feita um pouco mais acima, onde o ar, antes de ir para a máquina, passa através da unidade de condicionamento.

Inclinação 0,5 a 2% do Comprimento

## Vazamentos

As quantidades de ar perdidas através de pequenos furos, acoplamentos com folgas, vedações defeituosas, etc., quando somadas, alcançam elevados valores. A importância econômica desta contínua perda de ar torna-se mais evidente quando comparada com o consumo de um equipamento e a potência necessária para realizar a compressão.

## Vazamento e Perda de Potência em Furos

| Diâmetro do Furo | | | Escape do Ar em | | Potência Necessária para Compressão | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 588,36 kPa | 85 psi | | |
| Tamanho Real | mm | pol | m³/s | c.f.m | Cv | kW |
| • | 1 | 3/64 | 0,001 | 2 | 0,4 | 0,3 |
| ● | 3 | 1/8 | 0,01 | 21 | 4,2 | 3,1 |
| ● | 5 | 3/16 | 0,027 | 57 | 11,2 | 8,3 |
| ● | 10 | 3/18 | 0,105 | 220 | 44 | 33 |

Desta forma, um vazamento na rede representa um consumo consideralvemente maior de energia, que pode ser verificado através da tabela.
É impossível eliminar por completo todos os vazamentos, porém estes devem ser reduzidos ao máximo com uma manutenção preventiva do sistema, de 3 a 5 vezes por ano, sendo verificados, por exemplo: substituição de juntas de vedação defeituosa, engates, mangueiras, tubos, válvulas, aperto das conexões, restauração das vedações nas uniões roscadas, eliminação dos ramais de distribuição fora de uso e outras que podem aparecer, dependendo da rede construída.

## Tubulações Secundárias

A seleção dos tubos que irão compor a instalação secundária e os materiais de que são confeccionados são fatores importantes, bem como o tipo de acessório ou conexão a ser utilizado.
Devem-se ter materiais de alta resistência, durabilidade, etc.
O processo de tubulação secundária sofreu uma evolução bastante rápida. O tubo de cobre, até bem pouco tempo, era um dos mais usados. Atualmente ele é utilizado em instalações mais específicas, montagens rígidas e locais em que a temperatura e a pressão são elevadas.
Hoje são utilizados tubos sintéticos, os quais proporcionam boa resistência mecânica, apresentando uma elevada força de ruptura e grande flexibilidade.

São usados tubos de polietileno e tubos de nylon, cujas características são:

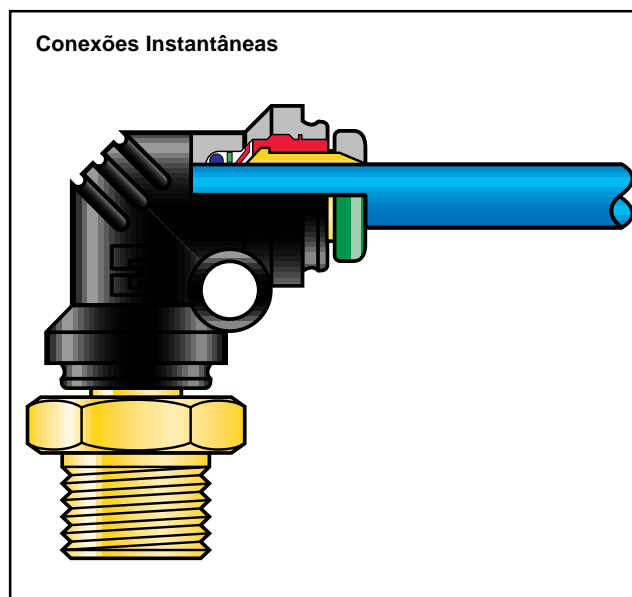
**Polietileno** - aplicação de vácuo até pressões de 700kPa e temperatura de trabalho de -37°C a 40°C.

**Nylon** - é mais resistente que o polietileno, sendo mais recomendado para aplicação de vácuo até 1700 kPa e temperatura de 0°C a 70°C.

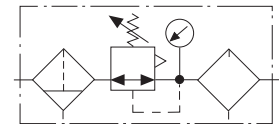
## Conexões para Tubulações Secundárias

A escolha das conexões que serão utilizadas num circuito é muito importante. Devem oferecer recursos de montagem para redução de tempo, ter dimensões compactas e não apresentar quedas de pressão, ou seja, possuir máxima área de passagem para o fluido. Devem também ter vedação perfeita, compatibilidade com diferentes fluidos industriais, durabilidade e permitir rápida remoção dos tubos em casos de manutenção, sem danificá-los.

As conexões para tubulações secundárias podem ser múltiplas, espigões, conexão com anel apressor ou olivas etc.
Dependendo do tipo de conexão utilizado, o tempo de montagem é bem elevado, devido às diversas operações que uma única conexão apresenta: ser roscada no corpo do equipamento, roscar a luva de fixação do tubo, ou antes, posicionar corretamente as olivas.
Deve haver um espaço razoável entre as conexões, para permitir sua rotação. Em alguns casos, isso não é possível.
Estes meios de ligação, além de demorados, danificam o tubo, esmagando, dilatando ou cortando. Sua remoção é difícil, sendo necessário, muitas vezes, cortar o tubo, trocar as olivas e as luvas de fixação do tubo; isso quando a conexão não é totalmente perdida.
Uma nova concepção em conexões, para atender a todas as necessidades de instalação de circuitos pneumáticos, controle e instrumentação e outros, são as conexões instantâneas/semelhantes a um engate rápido.

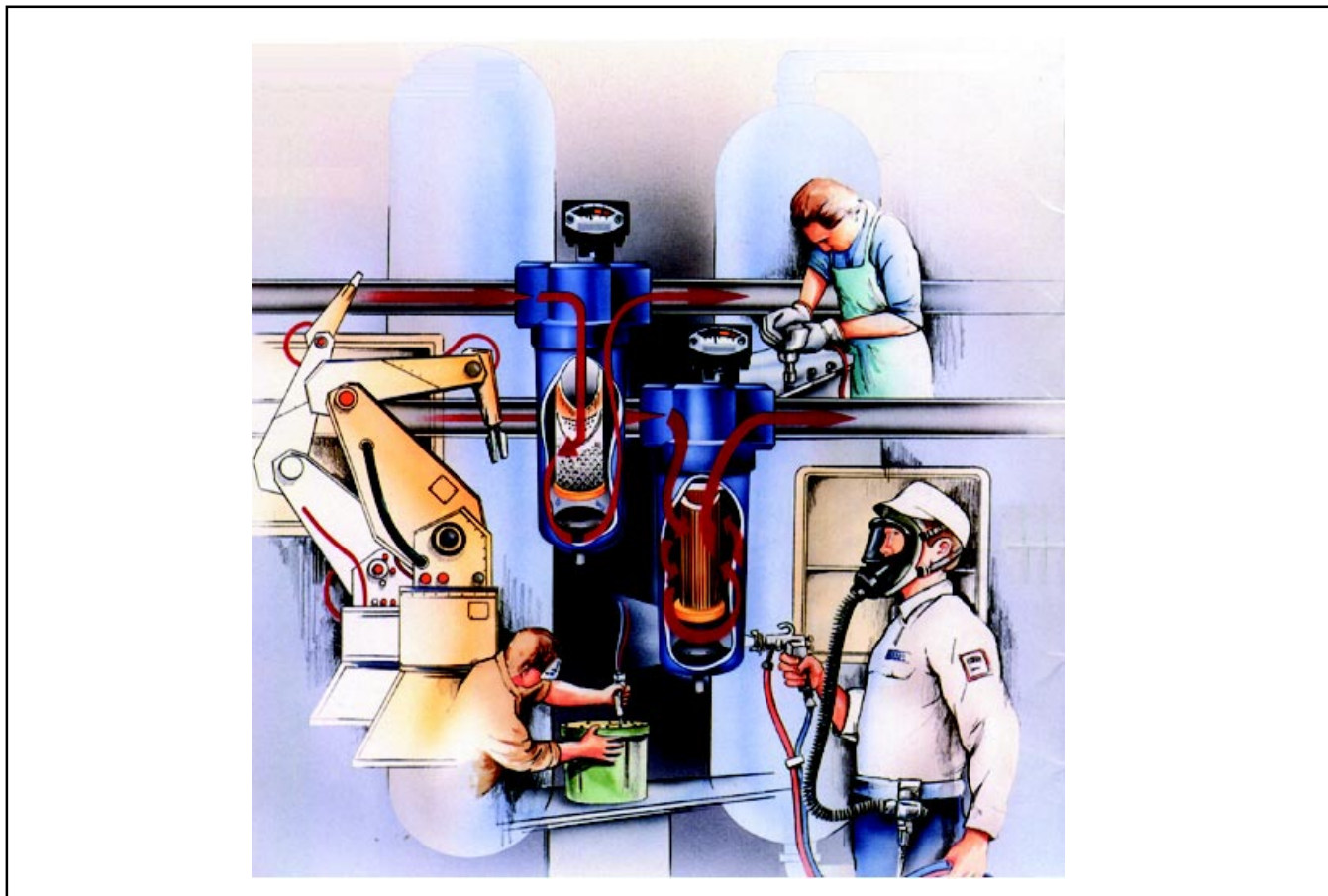
Conexões Instantâneas

# 4. Unidade de Condicionamento (Lubrefil)

Após passar por todo o processo de produção, tratamento e distribuição, o ar comprimido deve sofrer um último condicionamento, antes de ser colocado para trabalhar, a fim de produzir melhores desempenhos.
Neste caso, o beneficiamento do ar comprimido consiste no seguinte: filtragem, regulagem da pressão e introdução de uma certa quantidade de óleo para a lubrificação de todas as partes mecânicas dos componentes pneumáticos.
A utilização desta unidade de serviço é indispensável em qualquer tipo de sistema pneumático, do mais simples ao mais complexo. Ao mesmo tempo em que permite aos componentes trabalharem em condições favoráveis, prolonga a sua vida útil.
Uma duração prolongada e funcionamento regular de qualquer componente em um circuito dependem, antes de mais nada, do grau de filtragem, da isenção de umidade, da estabilidade da pressão de alimentação do equipamento e da lubrificação das partes móveis.
Isso tudo é literalmente superado quando se aplicam nas instalações dos dispositivos, máquinas, etc., os componentes de tratamento preliminar do ar comprimido após a tomada de ar: Filtro, Válvula Reguladora de Pressão (Regulador) e Lubrificador, que reunidos formam a Unidade de Condicionamento ou Lubrefil.

Unidade de Condicionamento ou Lubrefil

Simbologia

## Filtragem de Ar

Os sistemas pneumáticos são sistemas abertos: o ar, após ser utilizado, é exaurido para a atmosfera, enquanto que a alimentação aspira ar livre constantemente. Este ar, por sua vez, está sujeito à contaminação, umidade e às impurezas procedentes da rede de distribuição.
A maioria destas impurezas é retida, como já observamos nos processos de preparação, mas partículas pequenas ficam suspensas e são arrastadas pelo fluxo de ar comprimido, agindo como abrasivos nas partes móveis dos elementos pneumáticos quando solicitada a sua utilização.
A filtragem do ar consiste na aplicação de dispositivos capazes de reter as impurezas suspensas no fluxo de ar, e em suprimir ainda mais a umidade presente. É, portanto, necessário eliminar estes dois problemas ao mesmo tempo.
O equipamento normalmente utilizado para este fim é o Filtro de Ar, que atua de duas formas distintas:
Pela ação da força centrífuga.
Pela passagem do ar através de um elemento filtrante, de bronze sinterizado ou malha de nylon.

## Funcionamento do Filtro de Ar

### Descrição

Alta eficiência na remoção de umidade. Devido ao sistema de defletores, a água e as partículas sólidas contidas no ar comprimido são totalmente separadas.

A grande superfície do elemento filtrante garante baixa queda de pressão e aumento de sua vida útil.

### Operação

O ar comprimido entra pelo orifício no corpo do filtro e flui através do defletor superior (A) causando uma ação de turbilhonamento no ar comprimido.

A umidade e as partículas sólidas contidas no ar são jogadas contra a parede do copo (C) devido a uma ação centrífuga do ar comprimido turbilhonado pelo defletor.

Tanto a umidade quanto as partículas sólidas escorrem pela parede do copo devido à força da gravidade. O anteparo (B) assegura que a ação de turbilhonamento ocorra sem que o ar passe diretamente através do elemento filtrante.

O defletor inferior (E) separa a umidade e as partículas sólidas depositadas no fundo do copo, evitando assim a reentrada das mesmas no sistema de ar comprimido. Depois que a umidade e as maiores partículas sólidas foram removidas pelo processo de turbilhonamento, o ar comprimido flui através do elemento filtrante (D) onde as menores partículas são retidas.

O ar então retorna para o sistema, deixando a umidade e as partículas sólidas contidas no fundo do copo, que deve ser drenado antes que o nível atinja a altura onde possam retornar para o fluxo de ar.

Esta drenagem pode ser executada por um Dreno Manual (F), o qual é acionado por uma manopla (G) girando no sentido anti-horário, ou por um Dreno Automático, que libera o líquido assim que ele atinja um nível pré-determinado.

## Características Técnicas

| | |
|---|---|
| **Bitolas** | 1/4", 3/8", 1/2" e 3/4" |
| **Rosca** | NPT ou G |
| **Temperatura de Trabalho** | 0 a +52°C (Copo de Policarbonato)<br>0 a +80°C (Copo Metálico) |
| **Pressão de Trabalho** | 0 a 10 bar (Copo de Policarbonato)<br>0 a 17 bar (Copo Metálico) |
| **Pressão de Trabalho para Dreno Automático** | 2 a 12 bar * |
| **Pressão de Trabalho para Dreno Manual** | 0 a 17 bar |
| **Vazão** | Ver Tabela |
| **Capacidade do Copo** | 0,12 l (Série 06)<br>0,19 l (Série 07) |
| **Granulação do Elemento Filtrante** | 5 ou 40 micra |
| **Peso** | 0,7 kg (Série 06)<br>1,2 kg (Série 07) |

## Materiais

| | |
|---|---|
| **Corpo** | Zamac |
| **Copo** | Policarbonato Transparente<br>Zamac (Copo Metálico) |
| **Protetor do Copo** | Aço |
| **Anel de Fixação do Copo** | Plástico (Copo de Policarbonato Série 06/07 e Copo Metálico Série 06)<br>Alumínio (Copo Metálico Série 07) |
| **Elemento Filtrante** | Plástico |
| **Vedações** | Borracha Nitrílica (Buna-N) |
| **Visor do Copo Metálico** | Poliamida |

***** 17 bar com uso da válvula de bloqueio com partida suave.

## **Vazão** (Pressão Primária 7 bar e saída livre para atmosfera)

| | SCFM | | l/min | | Cv | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bitolas** | **06** | **07** | **06** | **07** | **06** | **07** |
| 1/4" | 100 | ND | 2.832 | ND | 1,78 | ND |
| 3/8" | 195 | 220 | 5.522 | 6.230 | 3,48 | 3,93 |
| 1/2" | 250 | 300 | 7.079 | 8.495 | 4,46 | 5,36 |
| 3/4" | ND | 445 | ND | 12.600 | ND | 7,95 |

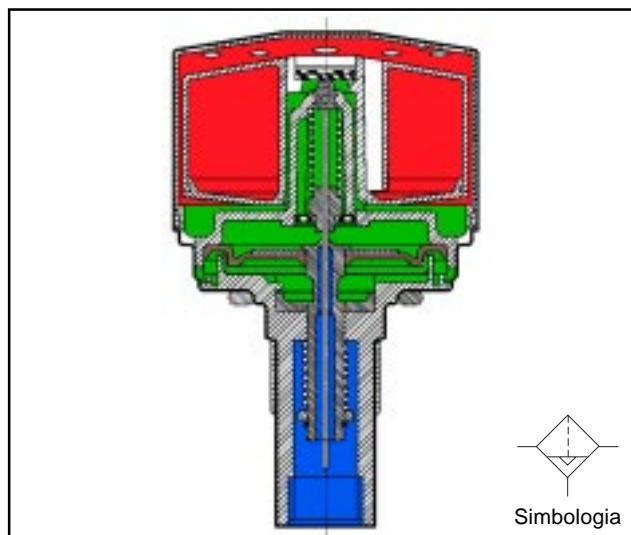
## Drenos dos Filtros

Drenos são dispositivos fixados na parte inferior dos copos, que servem para eliminar o condensado e as impurezas, retidos pela ação de filtragem. Podem ser manuais ou automáticos.

## Dreno Manual

Em presença do condensado permanece inativo, retendo-o no interior do copo. Para eliminar o condensado retido é necessária a interferência humana, que comanda manualmente a abertura de um obturador, criando uma passagem pela qual a água e as impurezas são escoadas por força da pressão do ar atuante no interior do copo.
Extraídas as impurezas, o ar escapa e o obturador deve ser recolocado em sua posição inicial.

## Dreno Automático

Utilizado para eliminar o condensado retido no interior do copo do filtro, sem necessidade de interferência humana. O volume de água condensada, à medida que é removido pelo filtro, acumula-se na zona neutra do interior do copo, até provocar a elevação de uma bóia.
Quando a bóia é deslocada, permite a passagem de ar comprimido através de um pequeno orifício.
O ar que flui pressuriza uma câmara onde existe uma membrana; a pressão exercida na superfície da membrana cria uma força que provoca o deslocamento de um elemento obturador, que bloqueava o furo de comunicação com o ambiente.
Sendo liberada esta comunicação, a água condensada no interior do copo é expulsa pela pressão do ar comprimido.
Com a saída da água, a bóia volta para sua posição inicial, vedando o orifício que havia liberado, impedindo a continuidade de pressurização da câmara onde está a membrana.
O ar que forçou o deslocamento da membrana por meio de um elemento poroso flui para a atmosfera, permitindo que uma mola recoloque o obturador na sede, impedindo a fuga do ar, reiniciando o acúmulo de condensado. Ideal para utilização em locais de difícil acesso, onde o condensado reúne-se com facilidade, etc.

## Advertência - Copos de Policarbonato

Copos de policarbonato transparente são de altíssima resistência mecânica e ideais para aplicação em filtros e lubrificadores. São apropriados para uso em ambientes industriais, mas não devem ser instalados em locais onde possam estar em contato direto com raios solares, sujeitos a impactos e temperaturas fora dos limites especificados. Alguns produtos químicos podem causar danos aos copos de policarbonato, os quais não devem entrar em contato com hidrocarbonetos aromáticos e halogenados, álcoois, compostos orgânicos clorados, produtos de caráter básico orgânicos e inorgânicos, aminas e cetonas (vide tabela de elementos não compatíveis). O filtro e o lubrificador não devem ser instalados em locais onde o copo possa estar exposto à ação direta de óleos de corte industrial, pois alguns aditivos usados nesses óleos podem agredir o policarbonato. Os copos metálicos são recomendados onde o ambiente e/ou as condições de trabalho não são compatíveis com os copos de policarbonato. Os copos metálicos são resistentes à ação de grande parte dos solventes, mas não podem ser utilizados onde há presença de ácidos ou bases fortes ou em atmosferas salinas carregadas. Os protetores metálicos para copos de policarbonato são recomendados para melhorar a segurança, se ocasionalmente ocorrer uma agressão química. O filtro deve ser instalado verticalmente com o copo na posição inferior. ***Deve-se drenar constantemente o condensado para que o mesmo não atinja a base do elemento filtrante/coalescente.***

## Importante

Ao notar qualquer alteração no copo de policarbonato, tais como microtrincas ou trincas, substitua-o imediatamente e verifique se há algum agente não compatível em contato com o mesmo. ***Lembramos que a maioria dos solventes e alguns tipos de óleo atacam o policarbonato.***

## Limpeza

Para limpar os copos de policarbonato usar somente água e sabão neutro. Não use agentes de limpeza, tais como: acetona, benzeno, gasolina, tolueno, etc, pois os mesmos agridem quimicamente o plástico (ver tabela abaixo).

## Elementos não compatíveis com o Policarbonato

| | |
|---|---|
| Acetona | Clorofórmio |
| Ácido Acético | Cresol |
| Ácido Fórmico | Diamina |
| Ácido Hidroclórico | Éter Etílico |
| Ácido Nítrico | Freon |
| Ácido Sulfúrico | Fenol |
| Ácido Etílico | Gasolina |
| Ácido Isopropílico | Hidróxido de Amônia |
| Ácido Metílico | Hidróxido de Sódio |
| Aldeído | Metiletilcetona |
| Amônia | Óleo para Freio Hidráulico |
| Anidrido | Acético Azônio |
| Anilina | Percloroetileno |
| Benzeno | Tetracloreto de Carbono |
| Carbonato de Amônia | Thinner |
| Ciclo Hexanol | Tolueno |
| Clorobenzeno | Terpentina |
| Cloroetileno | Xileno |

**Obs.:** Esta relação é parcial, sendo apenas orientativa.

## Filtros Coalescentes

## Ar Comprimido

Ar comprimido limpo é essencial em indústrias de processamento de alimentos, eletrônica, equipamentos hospitalares e odontológicos, indústria fotográfica, fábricas de plásticos e na instrumentação.
Ar limpo nessas e em outras aplicações significa mais do que apenas ar isento de contaminação por partículas sólidas. O ar utilizado nessas indústrias deve também estar isento de aerossóis de água e de óleo contaminantes, que fogem do raio de ação dos sistemas de filtragem convencionais.

## Água, Óleo e Partículas Sólidas são Fontes de Contaminação

Os contaminantes que causam maiores problemas em circuitos de ar comprimido são: água, óleo e partículas sólidas.
O vapor de água está presente em todo ar comprimido e se torna mais concentrado devido ao processo de compressão. Um compressor de 25 HP que produz 170 Nm$^3$/h (100 SCFM) a uma pressão de 7 bar (102 psig) pode produzir 68 litros (18 galões) de água por dia. Partículas de água em supensão no ar comprimido variam de 0,05 a 10 $\mu$m.
Embora sistemas de secagem de ar possam ser usados eficientemente para a remoção de água do ar comprimido, tais sistemas não removem o contaminante líquido do ar: o óleo.
O óleo, que está presente em circuitos de ar comprimido, é introduzido em grande escala no fluxo de ar através do compressor. A quantidade de óleo introduzida desta forma varia com o tipo de compressor utilizado. As estimativas de teor de hidrocarbonetos encontrados na saída de ar de compressores típicos são em partes por milhão (ppm):

| | |
|---|---|
| **Compressor de Parafuso** | 25 a 75 ppm a 93°C (200°F) |
| **Compressor de Pistão** | 5 a 50 ppm a 177°C (350°F) |
| **Compressor Centrífugo** | 5 a 15 ppm a 145°C (300°F) |

A uma concentração de 25 ppm, um compressor fornecendo 170 Nm$^3$/h (100 SCFM) durante 35 horas introduzirá 224 gramas de óleo no circuito pneumático.
Mesmo utilizando-se um compressor de funcionamento a seco (sem óleo), a contaminação por óleo encontrada no fluxo de ar continua sendo um problema porque o ar ambiente pode conter de 20-30 ppm de hidrocarbonetos em suspensão originários de fontes industriais e da queima de combustíveis.
Compressores a seco podem expelir aproximadamente 100 ppm de hidrocarbonetos durante o ciclo de compressão.

Esta quantidade é suficiente para contaminar os componentes da linha de ar e impregnar equipamentos de secagem.
A maioria das partículas de óleo em suspensão geradas por todos os tipos de compressores é igual ou inferior a 2 μm.
O terceiro maior contaminante encontrado no ar comprimido são as partículas sólidas, incluindo ferrugem e fragmentos da tubulação.
Partículas sólidas combinadas com partículas de água e óleo em suspensão podem obstruir e reduzir a vida de componentes de circuitos pneumáticos, bem como sistemas de filtração.
A maioria das partículas de ferrugem e fragmentos encontrados em circuitos de ar comprimido apresenta tamanhos variando de 0,5 a 5 μm.

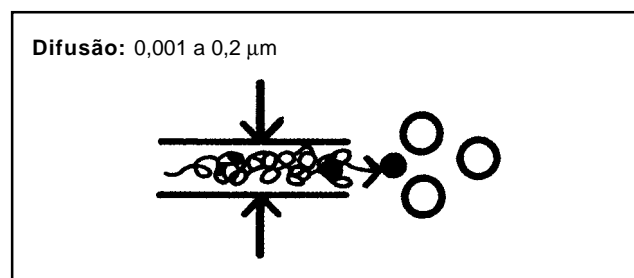
## Os Filtros Coalescentes Atendem às Necessidades de Ar Comprimido Limpo

Filtros convencionais de filtragem nominal de 5 micra não conseguem remover partículas contaminantes submicrônicas para atender a aplicações especiais. O limite mínimo de remoção desses filtros de uso convencional é geralmente maior do que 2μm.
**Oitenta por cento de contaminantes em suspensão são inferiores a 2 μm em tamanho.**
Contudo, os filtros coalescentes são especialmente projetados para remover partículas submicrônicas sólidas, de óleo e água do ar comprimido.
Os filtros coalescentes de porosidade padrão GRAU 6 são capazes de remover acima de 99,9% de todas as partículas em suspensão na faixa de 0,3 a 0,6 μm. Além disso, esses filtros apresentam uma eficiência de 99,98% na remoção de partículas suspensas e na eliminação de partículas sólidas maiores que 0,3 μm. Desta forma, um nível de contaminação de 20 ppm de óleo é reduzido para uma concentração de 0,004 ppm. (Nível aceitável para praticamente todas as aplicações pneumáticas).

## Desempenho dos Filtros Coalescentes

A separação de contaminantes sólidos e aerossóis em suspensão no ar é efetuada principalmente pela ação da gravidade. As partículas contaminantes de tamanho maior que 10 μm tendem a sair mais rapidamente quando o ar está em movimento.
A maioria dos filtros coalescentes foi projetada para provocar a união de aerossóis extremamente pequenos em suspensão em gotículas maiores. Assim, essas gotículas estarão suscetíveis à ação da gravidade. Este processo de união é denominado **"Coalescência"**.
O processo de **coalescência** pode ser comparado às condições atmosféricas em atividade durante a formação de chuva - pequenas moléculas de vapor de água presentes no ar turbulento e carregado de umidade se condensam, formando aerossóis em suspensão que, por colisão, começam a formar gotículas de massas maiores, até que tenham adquirido peso suficiente para reagir à ação da gravidade e cair para a Terra em forma de chuva.
Os filtros coalescentes eliminam a contaminação submicrônica através de três processos de ação simultânea, dependendo do tamanho do aerossol em suspensão:

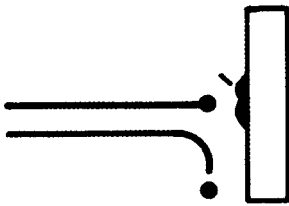
**Difusão: Partículas e Aerossóis de 0,001 a 0,2 μm**

Partículas sólidas e aerossóis em suspensão, na faixa de tamanho de 0,001 a 0,2 μm, estão sujeitos ao movimento browniano rápido e aleatório, movimentam-se totalmente independentes da massa de ar, da mesma forma que moléculas gasosas movimentam-se em um fluxo de ar.
Este movimento provoca a migração dessas partículas para fora do fluxo de ar e estas colidem com superfícies filtrantes expostas.
Os contaminantes sólidos aderem permanentemente a essas superfícies devido às forças intermoleculares (Leis de Van der Waals).
As gotículas líquidas, no entanto, migram pela ação da gravidade através das fibras até unirem-se com outras gotículas e formarem massas líquidas maiores que podem ser drenadas do sistema.
A taxa de atividade da difusão aumenta com a elevação da temperatura e pressão.

**Interceptação: Partículas e Aerossóis de 0,2 a 2 μm**

Para contaminantes de tamanhos entre 0,2 e 2 μm, a interceptação é o mecanismo coalescente predominante.
Esses contaminantes se harmonizam com o curso do fluxo de ar e se tornam mais difíceis de serem removidos, pois são capazes de contornar as fibras e escapar do filtro.
De modo geral, a eficiência do mecanismo aumenta à medida que o tamanho dos poros (ou a densidade da fibra) diminui.
As fibras com um diâmetro médio de 0,5 μm são utilizadas para otimizar o desempenho dos filtros nessa

faixa de contaminante. Quando partículas e aerossóis em suspensão aproximam-se de uma fibra medindo metade de seus diâmetros, suas forças inerciais são superadas e as partículas capturadas.

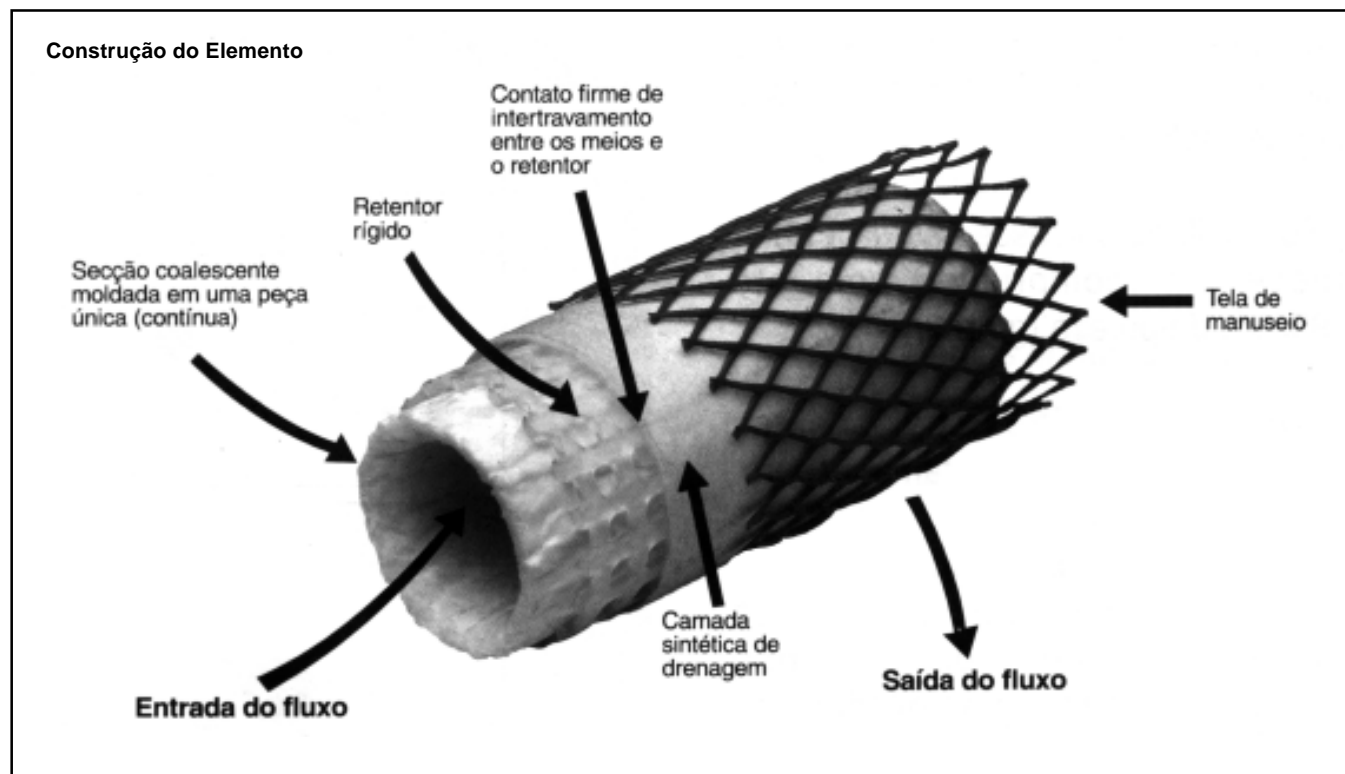
**Impacto Direto: Partículas e Aerossóis acima de 2 µm**

Contaminantes de tamanho igual ou superior a 2 µm são removidos pelo método de impacto direto, pois apresentam massa e movimento inercial suficientes para sair do curso do fluxo de ar.
Esses contaminantes colidem com o meio filtrante e completam o processo denominado inercial ou de impacto direto.

## Projeto e Eficiência dos Filtros Coalescentes

Os filtros coalescentes de remoção de partículas em suspensão são compostos de um conjunto de obstáculos projetados para maximizar o efeito dos três processos de coalescência.
Ao contrário dos filtros convencionais de linha, os filtros coalescentes direcionam o fluxo de ar de **dentro para fora**.
Os contaminantes são capturados na malha do filtro e reunidos em gotículas maiores através de colisões com as microfibras de borosilicato.
Por fim, essas gotículas passam para o lado externo do tubo do elemento filtrante, onde são agrupadas e drenadas pela ação da gravidade.
Os filtros coalescentes modernos utilizam meios filtrantes de porosidade graduada, com fibras de borosilicato mais densas no interior e fibras menos densas na superfície externa. Variando a distribuição da densidade das fibras no processo de fabricação dos filtros, torna-se possível atender a aplicações específicas.
Os elementos filtrantes coalescentes típicos apresentam uma porosidade de 8 a 10 µm na superfície interna, com uma redução para poros de 0,5 µm no interior do elemento, e aumentando para poros de 40 a 80 µm na superfície externa.
A tabela de poro mostra um poro típico de um filtro coalescente em corte transversal.
A superfície interna do elemento age como um pré-filtro, removendo partículas contaminantes maiores, ao passo que os poros internos são suficientemente pequenos para remover partículas submicrônicas sólidas e gasosas em suspensão encontradas no fluxo de ar.
A densidade reduzida da superfície externa promove a aglutinação das partículas em suspensão, através da união das gotículas, transformando-as em gotículas maiores, portanto suscetíveis às forças gravitacionais.
Os poros externos maiores também permitem a passagem livre do fluxo de ar, minimizando a queda de pressão.
Uma camada de drenagem conduz o contaminante da superfície externa do elemento filtrante para um reservatório localizado no fundo da carcaça, de onde é drenado periodicamente.
Os poros externos maiores do elemento reduzem a turbulência do ar e evitam a reentrada do contaminante no fluxo de ar.
Outro fator importante do projeto dos filtros coalescentes é a relação entre o diâmetro externo do elemento filtrante e o diâmetro interno da carcaça.
O espaço entre essas duas superfícies deve ser dimensionado de forma que a velocidade do ar seja minimizada, reduzindo o arrasto de partículas em suspensão de água ou óleo.

## Eficiência do Filtro

A eficiência do filtro é medida pelo percentual de contaminantes de um tamanho de partículas específico capturado pelo filtro. A eficiência do filtro é importante, pois afeta não somente o desempenho de retenção de contaminante mas também a vida útil do filtro (maior eficiência requer maior capacidade de retenção de contaminantes).
Os valores nominais de eficiência de remoção de contaminantes variam de 90% a mais de 99,99%, oferecendo uma gama de capacidades apropriadas para as diversas necessidades. Já que os meios filtrantes mais eficientes apresentam menor vida útil, em alguns casos torna-se mais conveniente sacrificar um pouco da eficiência em favor da economia.
Em aplicações onde a alta eficiência e a vida útil longa são fundamentais, usa-se um pré-filtro para remover a maior quantidade de partículas sólidas, antes que essas atinjam o filtro coalescente.
Este procedimento pode aumentar em até **seis vezes** a vida útil do filtro coalescente.
Para um maior desempenho, selecione um pré-filtro com valor nominal absoluto de 3 µm.
A tabela de seleção do grau de aplicação mostra, através da graduação da fibra, a eficiência de remoção de contaminantes e características de operação de vários filtros coalescentes. Os graus de eficiência são válidos para vazões entre 20% e 120% do valor nominal de catálogo a 7 bar. Em vazões abaixo de 20% ou em circuitos de vazão inconstante, as partículas de aerossol em suspensão não se aglomeram eficientemente em gotículas maiores, o que permite que mais partículas passem livres (sem serem coalescidas) pelo filtro. Em vazões acima de 120% do valor nominal de catálogo, a velocidade do ar é tão alta que alguns contaminantes podem retornar ao circuito pneumático.

**Construção do Elemento**

## Regulagem de Pressão

Normalmente, um sistema de produção de ar comprimido atende à demanda de ar para vários equipamentos pneumáticos. Em todos estes equipamentos está atuando a mesma pressão. Isso nem sempre é possível, pois, se estivermos atuando um elemento pneumático com pressão maior do que realmente necessita, estaremos consumindo mais energia que a necessária. Por outro lado, um grande número de equipamentos operando simultaneamente num determinado intervalo de tempo faz com que a pressão caia, devido ao pico de consumo ocorrido.
Estes inconvenientes são evitados usando-se a Válvula Reguladora de Pressão, ou simplesmente o Regulador de Pressão, que tem por função:

- Compensar automaticamente o volume de ar requerido pelos equipamentos pneumáticos.
- Manter constante a pressão de trabalho (pressão secundária), independente das flutuações da pressão na entrada (pressão primária) quando acima do valor regulado. A pressão primária deve ser sempre superior à pressão secundária, independente dos picos.
- Funcionar como válvula de segurança.

## Funcionamento do Regulador de Pressão

### Descrição

Os reguladores foram projetados para proporcionar uma resposta rápida e uma regulagem de pressão acurada para o maior número de aplicações industriais. O uso do diafragma especialmente projetado resulta em um aumento significativo da vida útil do regulador, proporcionando baixos custos de manutenção. Suas principais características são:

- Resposta rápida e regulagem precisa, devido a uma aspiração secundária e a válvula de assento incorporado.
- Grande capacidade de reversão de fluxo.
- Diafragma projetado para proporcionar um aumento da vida útil do produto.
- Dois orifícios destinados a manômetro que podem ser usados como orifícios de saída.
- Fácil manutenção.

### Operação

O ar comprimido entra por (P) e pode sair por (P') apenas se a válvula de assento estiver aberta. A secção de passagem regulável está situada abaixo da válvula de assento (C). Girando totalmente a manopla (D) no sentido anti-horário (mola sem compressão), o conjunto da válvula de assento (C) estará fechado. Girando a manopla no sentido horário, aplica-se uma carga numa mola calibrada de regulagem (A) fazendo com que o diafragma (B) e a válvula de assento (C) se desloquem para baixo, permitindo a passagem do fluxo de ar comprimido para a utilização (H).
A pressão sobre o diafragma (B) está balanceada através o orifício de equilíbrio (G) quando o regulador está em operação. A pressão secundária, ao exceder a pressão regulada, causará, por meio do orifício (G), ao diafragma (B), um movimento ascendente contra a mola de regulagem (A), abrindo o orifício de sangria (F) contido no diafragma. O excesso de ar é jogado para atmosfera através de um orifício (E) na tampa do regulador (somente para reguladores com sangria).
Portanto, uma saída de pressão pré-regulada é um processo de abre-fecha da válvula de assento (C), que poderia causar certa vibração. Isso é evitado porque certos reguladores são equipados por um amortecimento (I) à mola ou a ar comprimido.
O dispositivo autocompensador (C-J) permite montar o regulador em qualquer posição, e confere ao equipamento um pequeno tempo de resposta.
A pressão de saída é alterada pela atuação sobre a manopla de regulagem, não importa se é para decréscimo - quando a pressão secundária regulada é maior, o ar excedente desta regulagem é automaticamente expulso para o exterior atráves do orifício (F) até a pressão desejada ser atingida - ou acréscimo - o aumento processa-se normalmente atuando-se a manopla e comprimindo-se a mola (A) da forma já mencionada; atráves de um manômetro (J) registram-se as pressões secundárias reguladas.

**Secção de um Regulador de Pressão com Escape**

**A** - Mola
**B** - Diafragma
**C** - Válvula de Assento
**D** - Manopla
**E** - Orifício de Exaustão
**F** - Orifício de Sangria
**G** - Orifício de Equilíbrio
**H** - Passagem do Fluxo de Ar
**I** - Amortecimento
**J** - Comunicação com Manômetro

## Características Técnicas

| | |
|---|---|
| **Bitolas** | 1/4", 3/8", 1/2" e 3/4" |
| **Rosca** | NPT ou G |
| **Temperatura de Trabalho** | 0 a +80°C |
| **Pressão Máxima Primária** | 17,0 bar |
| **Pressão Secundária** | 0,07 a 4,0 bar (Baixa pressão)<br>0,14 a 8,5 bar (Pressão normal)<br>0,35 a 17,0 bar (Alta pressão) |
| **Vazão (7 bar na entrada)** | Ver Tabela |
| **Peso** | 0,8 kg (Série 06)<br>1,0 kg (Série 07) |

## Materiais

| | |
|---|---|
| **Corpo** | Zamac |
| **Haste de Ajuste** | Aço |
| **Anel de Fixação** | Plástico |
| **Diafragma** | Borracha Nitrílica (Buna-N) |
| **Manopla de Regulagem** | Plástico |
| **Mola de Regulagem** | Aço |
| **Mola de Assento** | Aço |

**Vazão** (Pressão Primária 7 bar e saída livre para atmosfera)

| | SCFM | | l/min | | Cv | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bitolas** | **06** | **07** | **06** | **07** | **06** | **07** |
| 1/4" | 85 | ND | 2.407 | ND | 1,52 | ND |
| 3/8" | 120 | 175 | 3.398 | 4.955 | 2,14 | 3,12 |
| 1/2" | 130 | 195 | 3.681 | 5.522 | 2,32 | 3,48 |
| 3/4" | ND | 200 | ND | 5.633 | ND | 3,57 |

## Regulador de Pressão sem Escape

O regulador sem escape é semelhante ao visto anteriormente, mas apresenta algumas diferenças:
Não permite escape de ar devido a um aumento de pressão; o diafragma não é dotado do orifício de sangria (F), ele é maciço.
Quando desejamos regular a pressão a um nível inferior em relação ao estabelecido, a pressão secundária deve apresentar um consumo para que a regulagem seja efetuada.

## Filtro/Regulador Conjugado

Há também válvulas reguladoras de pressão integradas com filtros, ideais para locais compactos.

## Descrição

Economiza espaço, pois oferece filtro e regulador conjugados para um desempenho otimizado.
Grande eficiência na remoção de umidade.

## Operação

Girando a manopla (A) no sentido horário aplica-se uma carga na mola de regulagem (F), fazendo com que o diafragma (H) e o conjunto da válvula de assento (C) se desloquem para baixo, permitindo a passagem do fluxo de ar filtrado pelo orifício (I). A pressão sobre o diafragma (H) está balanceada quando o filtro/ regulador conjugado está em operação, se a pressão secundária exceder a pressão regulada causará ao diafragma (H) um movimento ascendente contra a mola de regulagem (F), abrindo o orifício de sangria (B) contido no diafragma. O excesso de ar é jogado para atmosfera através do orifício (G) na tampa do filtro/regulador conjugado (filtro/regulador conjugado com sangria). O primeiro estágio da filtração começa quando o ar comprimido flui através do defletor superior (D), o qual causa uma ação de turbilhonamento. As impurezas contidas no ar comprimido são jogadas contra a parede do copo devido à ação centrífuga causada pelo defletor superior (D). O defletor inferior (E) separa a umidade e as partículas sólidas depositadas no fundo do copo, evitando a reentrada das mesmas no sistema de ar comprimido.

O segundo estágio de filtração ocorre quando o ar passa pelo elemento filtrante (J) onde as partículas menores são retidas. O ar passa então através da área do assento (I) para conexão de saída do produto.

**Refil - Filtro Regulador**

**A** - Manopla
**B** - Orifício de Sangria
**C** - Válvula de Assento
**D** - Defletor Superior
**E** - Defletor Inferior
**F** - Mola
**G** - Orifício de Exaustão
**H** - Diafragma
**I** - Passagem do Fluxo de Ar
**J** - Elemento Filtrante

Simbologia

## Características Técnicas

| | |
|---|---|
| **Bitolas** | 1/4", 3/8", 1/2" e 3/4" |
| **Rosca** | NPT ou G |
| **Temperatura de Trabalho** | 0 a +52°C (Copo de Policarbonato)<br>0 a +80°C (Copo Metálico) |
| **Pressão de Trabalho** | 0 a 10 bar (Copo de Policarbonato)<br>0 a 17 bar (Copo Metálico) |
| **Pressão de Trabalho para Dreno Automático** | 2 a 12 bar ***** |
| **Pressão de Trabalho para Dreno Manual** | 0 a 17 bar |
| **Pressão Secundária** | 0,07 a 4,0 bar (Baixa pressão)<br>0,14 a 8,5 bar (Pressão normal)<br>0,35 a 17,0 bar (Alta pressão) |
| **Vazão** | Ver Tabela |
| **Capacidade do Copo** | 0,12 l (Série 06)<br>0,19 l (Série 07) |
| **Granulação do Elemento Filtrante** | 5 ou 40 micra |
| **Peso** | 0,7 kg (Série 06)<br>1,2 kg (Série 07) |

## Materiais

| | |
|---|---|
| **Corpo** | Zamac |
| **Copo** | Policarbonato Transparente<br>Zamac (Copo Metálico) |
| **Haste de Ajuste** | Aço |
| **Protetor do Copo** | Aço |
| **Anel de Fixação do Copo** | Plástico ( Copo de Policarbonato Série 06/07, e Copo Metálico (Série 06)<br>Alumínio (Copo Metálico Série 07) |
| **Diafragma** | Borracha Nitrílica (Buna-N) |
| **Manopla de Regulagem** | Plástico |
| **Mola de Regulagem** | Aço |
| **Mola de Assento** | Aço |

***** 17 bar com uso da válvula de bloqueio com partida suave.

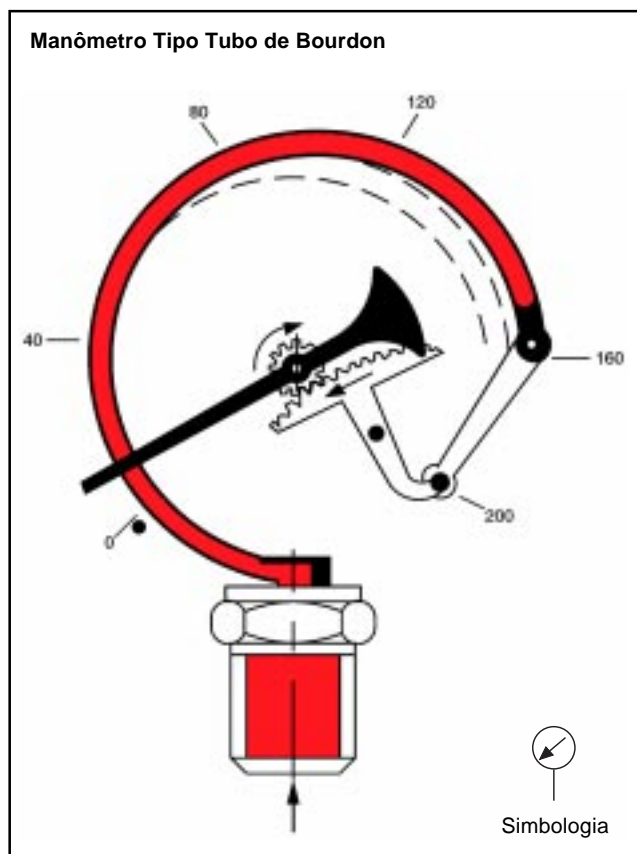
## **Vazão** (Pressão Primária 7 bar e saída livre para atmosfera)

| | SCFM | | l/min | | Cv | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bitolas** | **06** | **07** | **06** | **07** | **06** | **07** |
| 1/4" | 90 | ND | 2.548 | ND | 1,61 | ND |
| 3/8" | 115 | 160 | 3.256 | 4.531 | 2,05 | 2,86 |
| 1/2" | 120 | 165 | 3.398 | 4.672 | 2,14 | 2,95 |
| 3/4" | ND | 175 | ND | 4.955 | ND | 3,12 |

**Manutenção** - observar o seguinte:
Nunca limpar o regulador com estopa e sim com pano macio que não solte fiapos. Utilizar somente querosene para a lavagem. Observar se a tela do filtro interno não está obstruída. Verificar a face de borracha do obturador (disco). Se possuir marcas profundas demais ou estiver deslocada da posição, substituir todo o conjunto haste-disco. Verificar a extremidade da haste. Se estiver arranhada ou marcada, proceder como acima. Inspecionar o "O" Ring no orifício central do diafragma, para eliminar possíveis resíduos de impurezas. Se estiver marcado ou mastigado, substituí-lo; não havendo possibilidade, trocar o diafragma. Inspecionar o diafragma. Se houver rachaduras, substituí-lo. Inspecionar a mola. Verificar se o parafuso de compressão da mola não está espanado.

## Manômetros

São instrumentos utilizados para medir e indicar a intensidade de pressão do ar comprimido, óleo, etc.
Nos circuitos pneumáticos e hidráulicos, os manômetros são utilizados para indicar o ajuste da intensidade de pressão nas válvulas, que pode influenciar a força, o torque, de um conversor de energia. Existem dois tipos principais de manômetros:
Tubo de Bourdon Schrader (tipo hidráulico)

Manômetro Tipo Tubo de Bourdon

## Tubo de Bourdon

Consiste em uma escala circular sobre a qual gira um ponteiro indicador ligado a um jogo de engrenagens e alavancas. Este conjunto é ligado a um tubo recurvado, fechado em uma extremidade e aberto em outra, que está ligada com a entrada de pressão. Aplicando-se pressão na entrada, o tubo tende a endireitar-se, articulando-se as alavancas com a engrenagem, transmitindo movimento para o indicador e registrando a pressão sobre a escala.
**Nota:** Convém lembrar que existem dois tipos de pressão: Absoluta e Relativa (Manométrica).
Absoluta: é a soma da pressão manométrica com a pressão atmosférica. Relativa: é a pressão indicada nos manômetros, isenta da pressão atmosférica. Geralmente utilizada nas escalas dos manômetros, pois através dela as conversões de energia fornecem seus trabalhos.

## Lubrificação

Os sistemas pneumáticos e seus componentes são constituídos de partes possuidoras de movimentos relativos, estando, portanto, sujeitos a desgastes mútuos e consequente inutilização. Para diminuir os efeitos desgastantes e as forças de atrito, a fim de facilitar os movimentos, os equipamentos devem ser lubrificados convenientemente, por meio do ar comprimido. Lubrificação do ar comprimido é a mescla deste com uma quantidade de óleo lubrificante, utilizada para a lubrificação de partes mecânicas internas móveis que estão em contato direto com o ar. Essa lubrificação deve ser efetuada de uma forma controlada e adequada, a fim de não causar obstáculos na passagem de ar, problemas nas guarnições etc. Além disso, esse lubrificante deve chegar a todos os componentes, mesmo que as linhas tenham circuitos sinuosos. Isso é conseguido desde que as partículas de óleo permaneçam em suspensão no fluxo, ou seja, não se depositem ao longo das paredes da linha. O meio mais prático de efetuar este tipo de lubrificação é através do lubrificador.

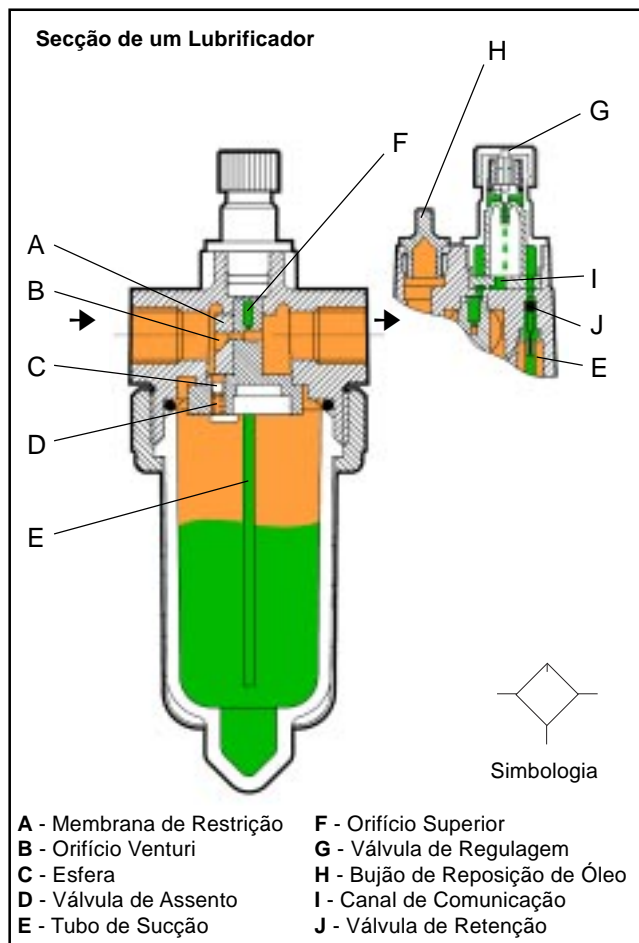
## Funcionamento do Lubrificador

## Descrição

Distribuição proporcional de óleo em uma larga faixa de fluxo de ar. Sistema de agulha assegura uma distribuição de óleo repetitiva. Permite o abastecimento do copo com a linha pressurizada.

## Operação

O ar comprimido flui através do lubrificador por dois

caminhos. Em baixas vazões, a maior parte do ar flui através do orifício Venturi (B) e a outra parte flui defletindo a membrana de restrição (A) e ao mesmo tempo pressuriza o copo através do assento da esfera da placa inferior. A velocidade do ar que flui através do orifício do Venturi (B) provoca uma depressão no orifício superior (F), que, somada à pressão positiva do copo através do tubo de sucção (E), faz com que o óleo escoe através do conjunto gotejador. Esse fluxo é controlado através da válvula de regulagem (G) e o óleo goteja através da passagem (I), encontrando o fluxo de ar que passa através do Venturi (B), provocando assim sua pulverização. Quando o fluxo de ar aumenta, a membrana de restrição (A) dificulta a passagem do ar, fazendo com que a maior parte passe pelo orifício do Venturi (B), assegurando assim que a distribuição de óleo aumente linearmente com o aumento da vazão de ar. O copo pode ser preenchido com óleo sem precisar despressurizar a linha de ar, devido à ação da esfera (C). Quando o bujão de enchimento (H) é retirado, o ar contido no copo escapa para a atmosfera e a esfera (C) veda a passagem de ar para o copo, evitando assim sua pressurização. Ao recolocar o bujão, uma pequena porção de ar entra no copo e quando este estiver totalmente pressurizado a lubrificação volta ao normal.

## Manutenção

- Usar somente algodão para limpeza, não usar estopa.
- Lavar somente com querosene.
- Evitar preencher demasiadamente o copo com óleo.
- Verificar se as guarnições não estão danificadas.
- Verificar se o filtro na extremidade do tubo pescador não está entupido.
- Evitar forçar o parafuso de controle de fluxo demasiadamente, ao tentar fechar a passagem de óleo.

## Características dos Lubrificantes

Predominam os lubrificantes à base de petróleo, porém está havendo um incremento na utilização dos óleos sintéticos.
Os óleos pertencem a três classes principais: parafínicos, naftênicos e aromáticos;

**Parafínicos**
Caracterizam-se, de modo geral, por um alto índice de viscosidade, alta estabilidade contra a oxidação, menor tendência à formação de vernizes, alto ponto de fluidez e baixa densidade.

**Naftênicos**
Apresentam baixo índice de viscosidade, menor estabilidade contra oxidação, maior tendência à formação de vernizes, ponto de fluidez mais baixo e densidade elevada.
Entretanto, o seu poder solvente é melhor que o dos parafínicos e o tipo de carbono formado ao queimar é menos duro que o formado pelos primeiros.
As características básicas podem ser alteradas de acordo com o serviço, pois o produto final pode se apresentar sob a forma de óleo mineral puro, composto, com aditivos ou óleos emulsionáveis.
Nem todos os lubrificantes são apropriados para a utilização nos sistemas pneumáticos, existem muitos óleos empregados que criam sérios inconvenientes para o perfeito funcionamento de válvulas, cilindros, etc.
A maior parte dos óleos contém aditivos especiais próprios para certos fins, mas inadequados para outras aplicações.
Dois óleos podem parecer iguais perante certas propriedades físicas e se comportarem de maneira diferente perante diferentes materiais.
O óleo apropriado para sistemas pneumáticos deve conter antioxidante, ou seja, não deve oxidar-se ao ser nebulizado com o ar; deve conter aditivos antiespumantes para não formar espuma ao ser nebulizado.
Outro fator importante para o óleo é o IV (índice de viscosidade), que deve ser mantido o mais uniforme possível com as variações de temperatura.
Um fator determinante na seleção do tipo de óleo mais adequado é o fato das guarnições dos componentes

pneumáticos serem de borracha nitrílica (Buna N).
O óleo não deve alterar o estado do material.
Com isso, queremos nos referir ao ponto de Anilina do óleo, que pode provocar dilatação, contração e amolecimento das guarnições.
O ponto de Anilina é definido como a temperatura na qual tem início a mistura de óleo de anilina com o óleo considerado.
Nas lubrificações pneumáticas o Ponto de Anilina não deve ser inferior a 90°C (194°F) e nem superior a 100°C (212°F).
Um sistema lubrificado adequadamente não apresentará tais inconvenientes em relação às guarnições.

## Óleos Recomendados

Shell ..................................... Shell Tellus C-10

Esso ..................................... Turbine Oil-32

Esso ..................................... Spinesso-22

Mobil Oil ............................... Mobil Oil DTE-24

Valvoline ............................... Valvoline R-60

Castrol .................................. Castrol Hyspin AWS-32

Lubrax .................................. HR 68 EP

Lubrax .................................. Ind CL 45 Of

Texaco .................................. Kock Tex-100

## Características Técnicas

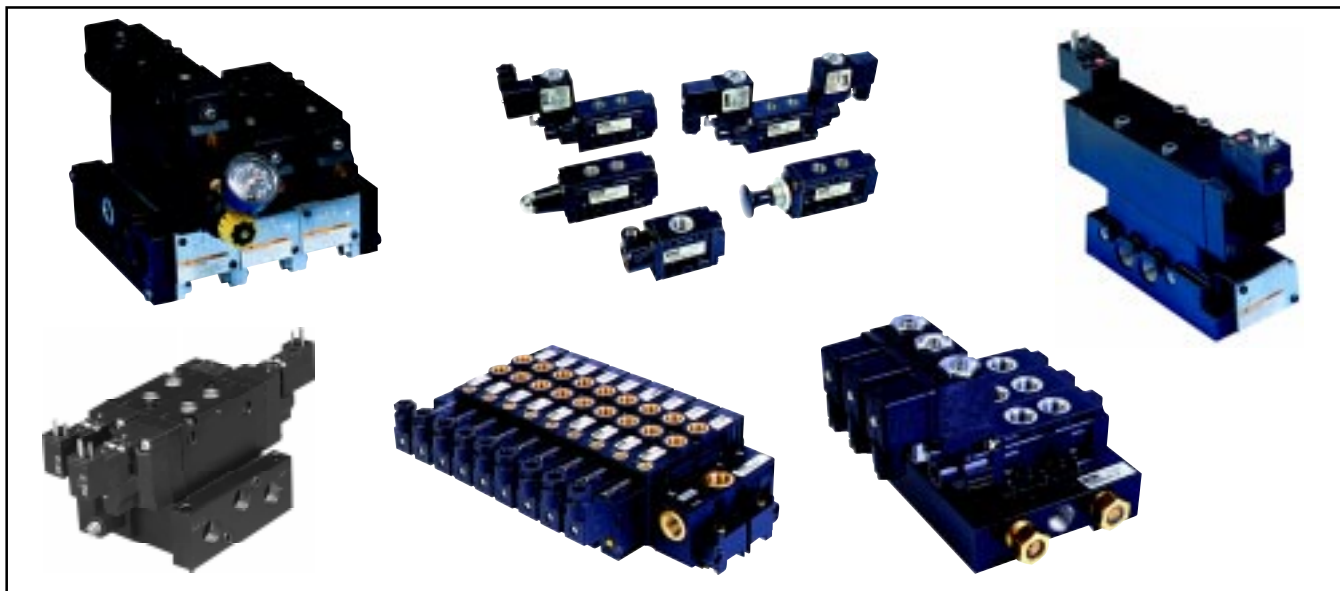
| | |
|---|---|
| **Bitolas** | 1/4", 3/8", 1/2" e 3/4" NPT ou G |
| **Vazão (l/min)** | Ver Tabela |
| **Vazão Mínima para Lubrificação** | 14 l/min a 7 bar |
| **Faixa de Temperatura** | 0 a +52°C (Copo de Policarbonato)<br>0 a +80°C (Copo Metálico) |
| **Faixa de Pressão** | 0 a 10 bar (Copo de Policarbonato)<br>0 a 17 bar (Copo Metálico) |
| **Capacidade do Copo** | 0,08 l (Série 06)<br>0,16 l (Série 07) |
| **Pressão Secundária** | 0,07 a 4,0 bar (Baixa pressão)<br>0,14 a 8,5 bar (Pressão normal)<br>0,35 a 17,0 bar (Alta pressão) |
| **Peso** | 0,6 kg (Série 06)<br>1,2 kg (Série 07) |

## Materiais

| | |
|---|---|
| **Corpo** | Zamac |
| **Copo** | Policarbonato Transparente<br>Zamac (Copo Metálico) |
| **Protetor do Copo** | Aço |
| **Anel de Fixação do Copo** | Plástico (Policarbonato Série 06/07 e Metálico Série 06)<br>Alumínio (Copo Metálico Série 07) |
| **Vedações** | Buna-N |
| **Visor do Copo Metálico** | Poliamida |

## **Vazão** (Pressão Primária 7 bar e saída livre para atmosfera)

| | SCFM | | l/min | | Cv | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bitolas** | **06** | **07** | **06** | **07** | **06** | **07** |
| 1/4" | 100 | ND | 2.832 | ND | 1,78 | ND |
| 3/8" | 220 | 230 | 6.230 | 6.513 | 3,93 | 4,11 |
| 1/2" | 305 | 310 | 8.636 | 8.778 | 5,45 | 5,53 |
| 3/4" | ND | 320 | ND | 9.061 | ND | 5,71 |

# 5. Válvulas de Controle Direcional

Os cilindros pneumáticos, componentes para máquinas de produção, para desenvolverem suas ações produtivas, devem ser alimentados ou descarregados convenientemente, no instante em que desejarmos, ou de conformidade com o sistema programado. Portanto, basicamente, de acordo com seu tipo, as válvulas servem para orientar os fluxos de ar, impor bloqueios, controlar suas intensidades de vazão ou pressão. Para facilidade de estudo, as válvulas pneumáticas foram classificadas nos seguintes grupos:

- Válvulas de Controle Direcional
- Válvulas de Bloqueio (Anti-Retorno)
- Válvulas de Controle de Fluxo
- Válvulas de Controle de Pressão

Cada grupo se refere ao tipo de trabalho a que se destina mais adequadamente.

## Válvulas de Controle Direcional

Têm por função orientar a direção que o fluxo de ar deve seguir, a fim de realizar um trabalho proposto.
Para um conhecimento perfeito de uma válvula direcional, deve-se levar em conta os seguintes dados:

- Posição Inicial
- Número de Posições
- Número de Vias
- Tipo de Acionamento (Comando)
- Tipo de Retorno
- Vazão

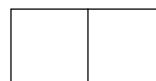
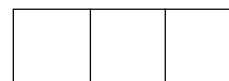
Além destes, ainda merece ser considerado o tipo Construtivo.

## O Que Vem a ser Número de Posições?

É a quantidade de manobras distintas que uma válvulas direcional pode executar ou permanecer sob a ação de seu acionamento.
Nestas condições, a torneira, que é uma válvula, tem duas posições: ora permite passagem de água, ora não permite.

- Norma para representação:
  CETOP - Comitê Europeu de Transmissão Óleo - Hidráulica e Pneumática.
- ISO - Organização Internacional de Normalização.

As válvulas direcionais são sempre representadas por um retângulo.

- Este retângulo é dividido em quadrados.
- O número de quadrados representados na simbologia é igual ao número de posições da válvula, representando a quantidade de movimentos que executa através de acionamentos.

## Número de Vias

É o número de conexões de trabalho que a válvula possui. São consideradas como vias a conexão de entrada de pressão, conexões de utilização e as de escape.
Para fácil compreensão do número de vias de uma válvula de controle direcional podemos também considerar que:

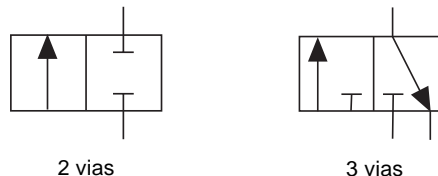
### Direção de Fluxo

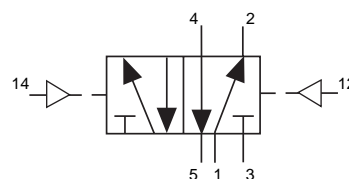
Nos quadros representativos das posições, encontram-se símbolos distintos:
As setas indicam a interligação interna das conexões, mas não necessariamente o sentido de fluxo.

### Passagem Bloqueada

### Escape não provido para conexão (não canalizado ou livre)

### Escape provido para conexão (canalizado)

Uma regra prática para a determinação do número de vias consiste em separar um dos quadrados (posição) e verificar quantas vezes o(s) símbolo(s) interno(s) toca(m) os lados do quadro, obtendo-se, assim, o número de orifícios e em correspondência o número de vias.
Preferencialmente, os pontos de conexão deverão ser contados no quadro da posição inicial.

## Identificação dos Orifícios da Válvula

As identificações dos orifícios de uma válvulla pneumática, reguladores, filtros etc., têm apresentado uma grande diversificação de indústria para indústria, sendo que cada produtor adota seu próprio método, não havendo a preocupação de utilizar uma padronização universal. Em 1976, o CETOP - Comitê Europeu de Transmissão Óleo-Hidráulica e Pneumática, propôs um método universal para a identificação dos orifícios aos fabricantes deste tipo de equipamento. O código, apresentado pelo CETOP, vem sendo estudado para que se torne uma norma universal através da Organização Internacional de Normalização - ISO. A finalidade do código é fazer com que o usuário tenha uma fácil instalação dos componentes, relacionando as marcas dos orifícios no circuito com as marcas contidas nas válvulas, identificando claramente a função de cada orifício.
Essa proposta é numérica, conforme mostra.

## Os Orifícios são Identificados como Segue:

**Nº 1 -** alimentação: orifício de suprimento principal.

**Nº 2 -** utilização, saída: orifício de aplicação em válvulas de 2/2, 3/2 e 3/3.

**Nºs 2 e 4 -** utilização, saída: orifícios de aplicação em válvulas 4/2, 4/3, 5/2 e 5/3.

**Nº 3** - escape ou exaustão: orifícios de liberação do ar utilizado em válvulas 3/2, 3/3, 4/2 e 4/3.

**Nºs 3 e 5 -** escape ou exaustão: orifício de liberação do ar utilizado em válvulas 5/2 e 5/3.

Orifício número 1 corresponde ao suprimento principal; 2 e 4 são aplicações; 3 e 5 escapes.

Orifícios de pilotagem são identificados da seguinte forma: 10, 12 e 14. Estas referências baseiam-se na identificação do orifício de alimentação 1.

**Nº 10 -** indica um orifício de pilotagem que, ao ser influenciado, isola, bloqueia, o orifício de alimentação.

**Nº 12 -** liga a alimentação 1 com o orifício de utilização 2, quando ocorrer o comando.

**Nº 14 -** comunica a alimentação 1 com o orifício de utilização 4, quando ocorrer a pilotagem.

Quando a válvula assume sua posição inicial automaticamente (retorno por mola, pressão interna) não há identificação no símbolo.

## Identificação dos Orifícios - Meio Literal

Em muitas válvulas, a função dos orifícios é identificada literalmente. Isso se deve principalmente às normas DIN (DEUTSCHE NORMEN), que desde março de 1996 vigoram na Bélgica, Alemanha, França, Suécia, Dinamarca, Noruega e outros países.
Segundo a Norma DIN 24.300, Blatt 3, Seite 2, Nr. 0.4. de março de 1966, a identificação dos orifícios é a seguinte:
Linha de trabalho (utilização): **A, B, C**
Conexão de pressão (alimentação): **P**
Escape ao exterior do ar comprimido utilizado pelos equipamentos pneumáticos (escape, exaustão): **R,S,T**
Drenagem de líquido: **L**
Linha para transmissão da energia de comando (linhas de pilotagem): **X,Y, Z**

Os escapes são representados também pela letra E, seguida da respectiva letra que identifica a utilização (normas N.F.P.A.)
Exemplo :
**EA -** significa que os orifícios em questão são a exaustão do ponto de utilização A.

**EB -** escape do ar utilizado pelo orifício B.
A letra D, quando utilizada, representa orifício de escape do ar de comando interno.

Resumidamente, temos na tabela a identificação dos orifícios de uma válvula direcional.

| **Orifício** | **Norma DIN 24300** | | | **Norma ISO 1219** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pressão** | P | | | 1 | | |
| **Utilização** | A | B | C | 2 | 4 | 6 |
| **Escape** | R | S | T | 3 | 5 | 7 |
| **Pilotagem** | X | Y | Z | 10 | 12 | 14 |

## Acionamentos ou Comandos

As válvulas exigem um agente externo ou interno que desloque suas partes internas de uma posição para outra, ou seja, que altere as direções do fluxo, efetue os bloqueios e liberação de escapes.
Os elementos responsáveis por tais alterações são os acionamentos, que podem ser classificados em:
- Comando Direto
- Comando Indireto

**Comando Direto**
É assim definido quando a força de acionamento atua diretamente sobre qualquer mecanismo que cause a inversão da válvula.

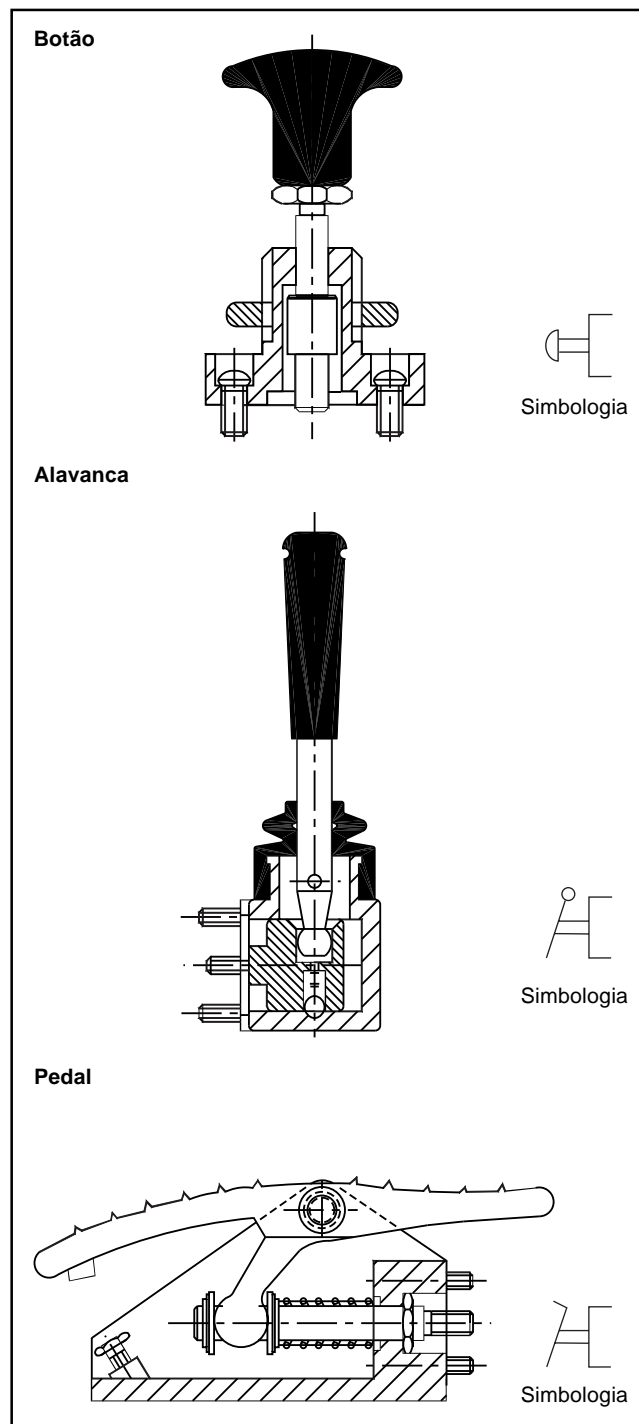
**Comando Indireto**
É assim definido quando a força de acionamento atua sobre qualquer dispositivo intermediário, o qual libera o comando principal que, por sua vez, é responsável pela inversão da válvula.
Estes acionamentos são também chamados de combinados, servo etc.

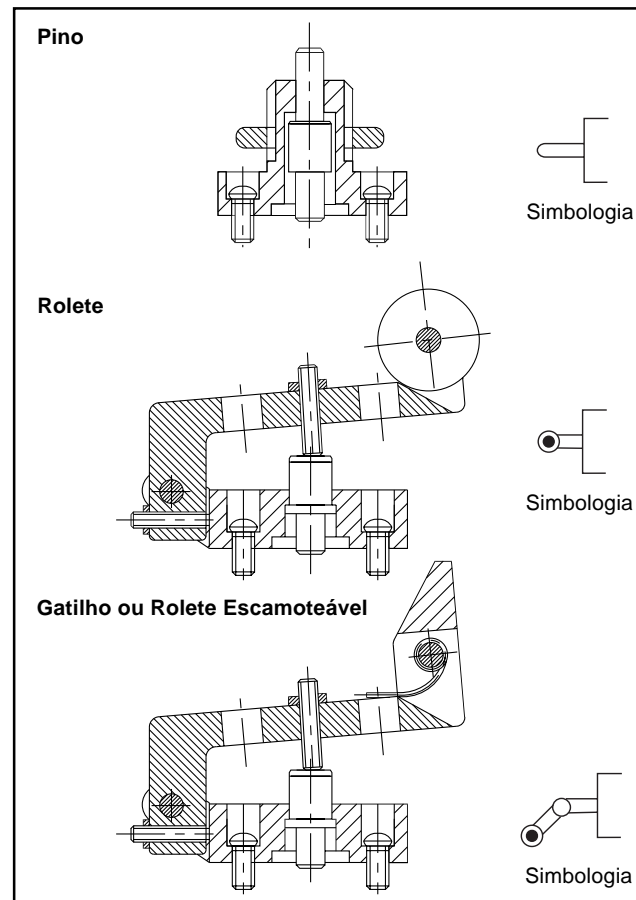
## Tipos de Acionamentos e Comandos

Os tipos de acionamentos são diversificados e podem ser:
- Musculares - Mecânicos - Pneumáticos - Elétricos
- Combinados

Estes elementos são representados por símbolos normalizados e são escolhidos conforme a necessidade da aplicação da válvula direcional.

## Acionamentos Musculares

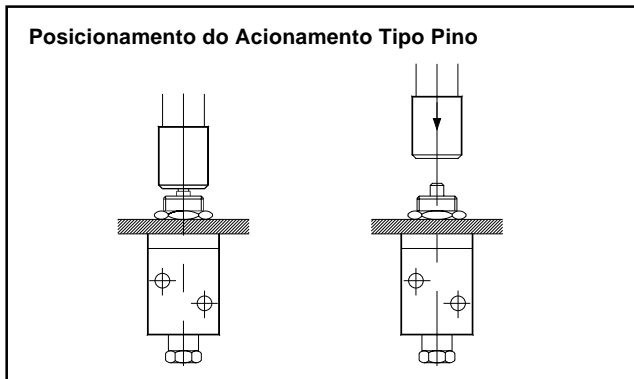
As válvulas dotadas deste tipo de acionamento são conhecidas como válvulas de painel.
São acionamentos que indicam um circuito, findam uma cadeia de operações, proporcionam condições de segurança e emergência. A mudança da válvula é realizada geralmente pelo operador do sistema.Os principais tipos de acionamentos musculares são mostrados nas figuras abaixo.

## Acionamentos Mecânicos

Com a crescente introdução de sistemas automáticos, as válvulas acionadas por uma parte móvel da máquina adquirem uma grande importância. O comando da válvula é conseguido através de um contato mecânico sobre o acionamento, colocado estrategicamente ao longo de um movimento qualquer, para permitir o desenrolar de sequências operacionais. Comumente, as válvulas com este tipo de acionamento recebem o nome de válvulas fim de curso.

## Posicionamento das Válvulas com Acionamentos Mecânicos:

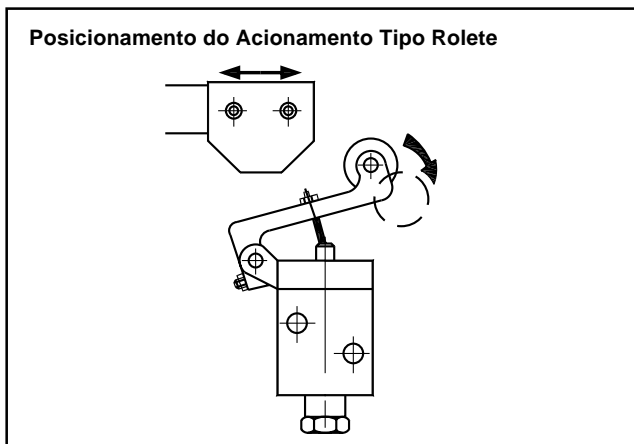
As válvulas devem estar situadas o mais próximo possível ou diretamente acopladas aos equipamentos comandados (cilindros, motores etc.), para que as tubulações secundárias sejam bem curtas evitando, assim, consumos inúteis de ar comprimido e perdas de pressão, conferindo ao sistema um tempo de resposta reduzido.
Para as válvulas acionadas mecanicamente, é indispensável efetuar um posicionamento adequado, garantindo um comando seguro e perfeito, mesmo depois de muito tempo.

## Acionamento por Pino

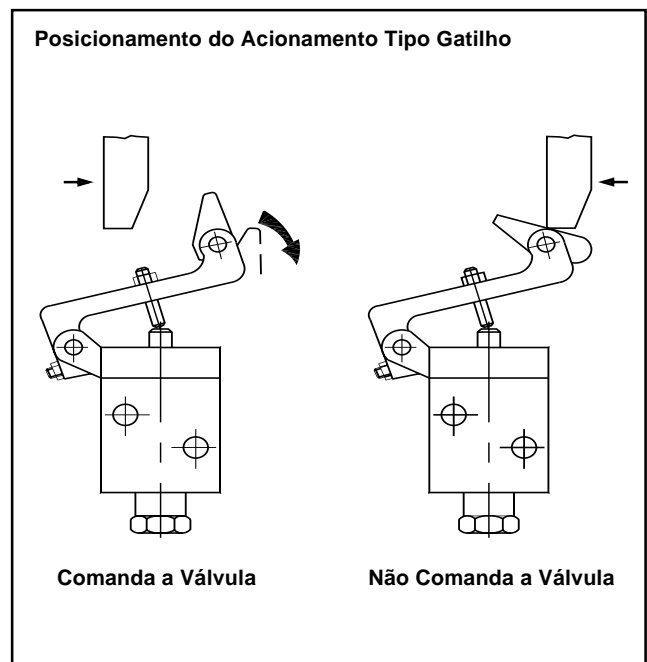
Quando um mecanismo móvel é dotado de movimento retilíneo, sem possibilidades de ultrapassar um limite e ao fim do movimento deve acionar uma válvula, o recomendado é o acionamento por pino, que recebe um ataque frontal. Ao posicionar a válvula, deve-se ter o cuidado de deixar uma folga, após o curso de acionamento, com relação ao curso final do mecanismo, para evitar inutilização da válvula devido a inúteis e violentas solicitações mecânicas.
Enquanto durar a ação sobre o pino, a válvula permanece comutada (acionada).

**Posicionamento do Acionamento Tipo Pino**

## Acionamento por Rolete

Se a válvula necessita ser acionada por um mecanismo com movimento rotativo, retilíneo, com ou sem avanço ulterior, é aconselhável utilizar o acionamento por rolete, para evitar atritos inúteis e solicitações danosas em relação às partes da válvula.
O rolete, quando posicionado no fim de curso, funciona como pino, mas recebe ataque lateral na maioria das vezes.
Numa posição intermediária, receberá comando toda vez que o mecanismo em movimento passar por cima, independentemente do sentido do movimento.

**Posicionamento do Acionamento Tipo Rolete**

## Gatilho (Rolete Escamoteável)

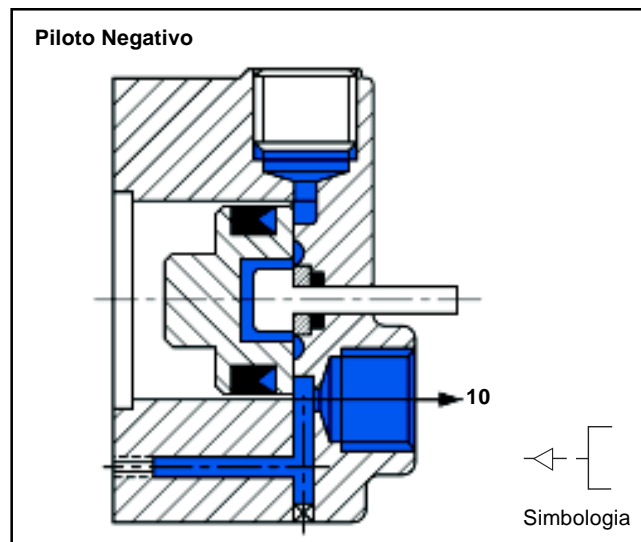
Utilizado nas posições intermediárias ou fim de curso, onde podem ocorrer problemas de "contrapressão". O posicionamento no final de curso, com leve afastamento, evita que permaneça constantemente acionado, como o pino e o rolete.
Difere dos outros por permitir o acionamento da válvula em um sentido do movimento, emitindo um sinal pneumático breve. Quando o mecanismo em movimento atua sobre o acionamento causa um travamento, provocando o deslocamento das partes internas da válvula.
No sentido oposto ao de comando, o mecanismo causa a rotação do acionamento, eliminando qualquer possibilidade de comandar a válvula.

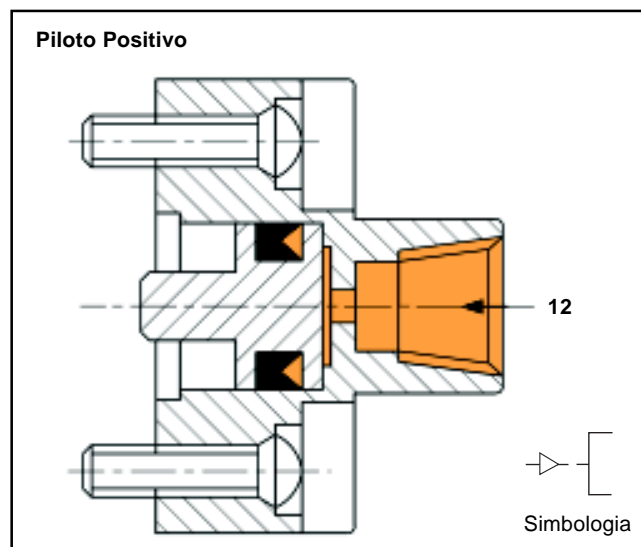
**Posicionamento do Acionamento Tipo Gatilho**

É importante ressaltar que a emissão do sinal pneumático, sendo breve, não deve percorrer longas distâncias.
A comutação da válvula e a emissão do sinal estão em função de sua construção, principalmente da velocidade com que é acionada e do comprimento do mecanismo que irá acioná-la.

## Acionamentos Pneumáticos

As válvulas equipadas com este tipo de acionamento são comutadas pela ação do ar comprimido, proveniente de um sinal preparado pelo circuito e emitido por outra válvula.
Nos acionamentos pneumáticos destacam-se:

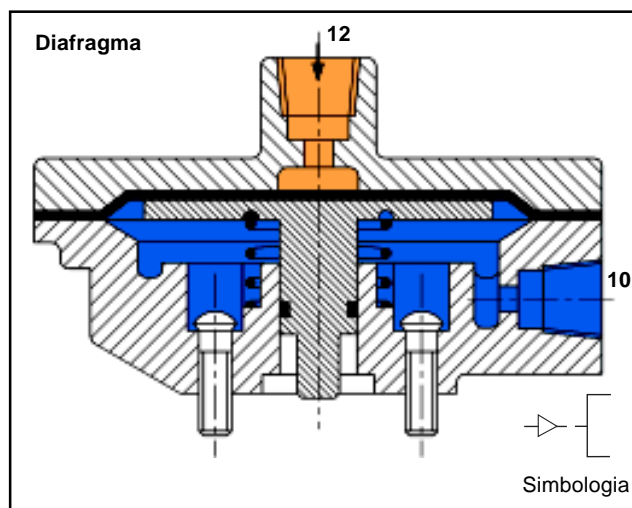
### Comando Direto por Alívio de Pressão (Piloto Negativo)

- Os pistões são pressurizados com o ar comprimido proveniente da alimentação. Um equilíbrio de forças é estabelecido na válvula; ao se processar a despressurização de um dos pistões, ocorre a inversão da válvula.

### Comando Direto por Aplicação de Pressão (Piloto Positivo)

- Um impulso de pressão, proveniente de um comando externo, é aplicado diretamente sobre um pistão, acionando a válvula.

### Comando Direto por Diferencial de Áreas

A pressão de comando atua em áreas diferentes, possibilitando a existência de um sinal prioritário e outro supressivo.

## Diafragma

A grande vantagem está na pressão de comando; devido à grande área da membrana, pode trabalhar com baixas pressões.
O princípio de atuação é bem semelhante ao de um piloto positivo.
**Aplicações frequentes:** Substituição de sistemas eletrônicos e elétricos que são utilizados na automatização de fábricas de explosivos, produtos solventes, devido à sensibilidade que apresentam no controle de processos.

## Acionamentos Elétricos

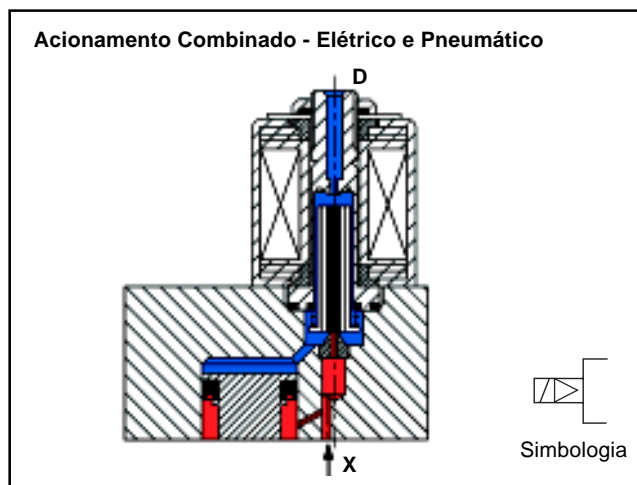
A operação das válvulas é efetuada por meio de sinais elétricos, provenientes de chaves fim de curso, pressostatos, temporizadores, etc.
São de grande utilização onde a rapidez dos sinais de comando é o fator importante, quando os circuitos são complicados e as distâncias são longas entre o local emissor e o receptor.

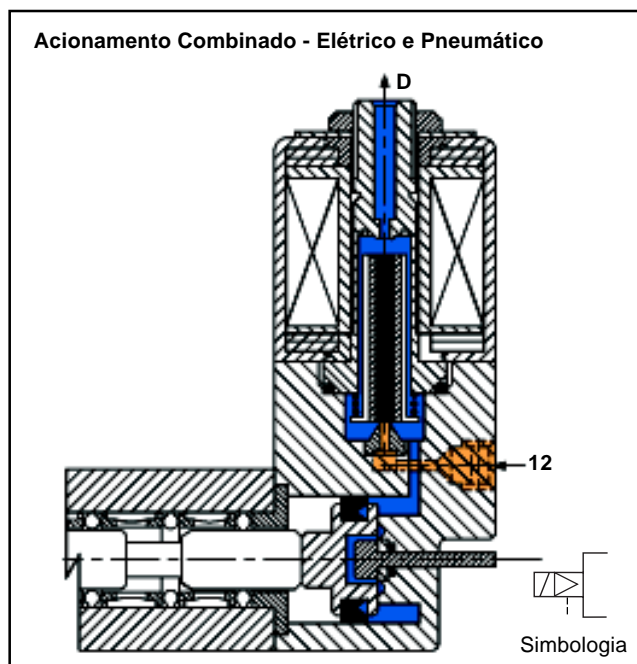
## Acionamentos Combinados

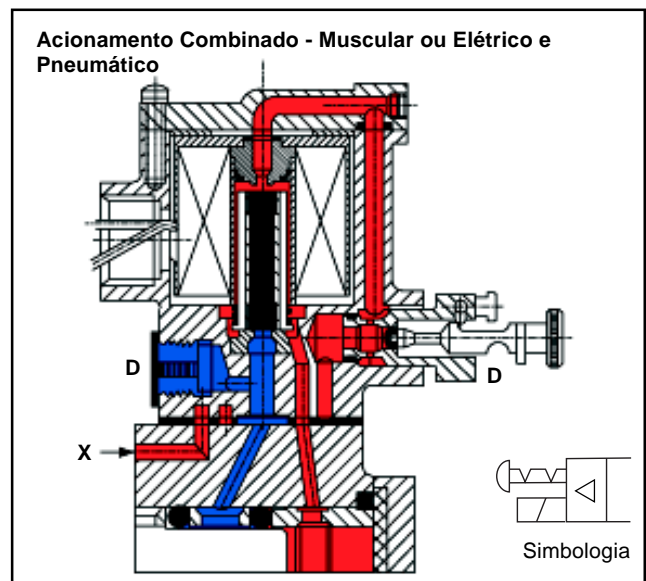
É comum a utilização da própria energia do ar comprimido para acionar as válvulas. Podemos comunicar o ar de alimentação da válvula a um acionamento auxiliar que permite a ação do ar sobre o comando da válvula ou corta a comunicação, deixando-a livre para a operação de retorno. Os acionamentos tidos como combinados são classificados também como Servo Piloto, Comando Prévio e Indireto. Isso se fundamenta na aplicação de um acionamento (pré-comando) que comanda a válvula principal, responsável pela execução da operação.
Quando é efetuada a alimentação da válvula principal, a que realizará o comando dos conversores de

energia, pode-se emitir ou desviar um sinal através de um canal interno ou conexão externa, que ficará retido, direcionando-o para efetuar o acionamento da válvula principal, que posteriormente é colocada para exaustão.
As válvulas de pré-comando são geralmente elétricas (Solenóides), pneumáticas (Piloto), manuais (Botão), mecânicas (Came ou Esfera).
A seguir, são mostrados alguns tipos de acionamentos combinados.

**Solenóide e Piloto Interno -** Quando o solenóide é energizado, o campo magnético criado desloca o induzido, liberando o piloto interno X, o qual realiza o acionamento da válvula.

Acionamento Combinado - Elétrico e Pneumático

**Solenóide e Piloto Externo** - Idêntico ao anterior, porém a pressão piloto é suprida externamente.

Acionamento Combinado - Elétrico e Pneumático

**Solenóide e Piloto ou Botão -** A válvula principal pode ser comandada por meio da eletricidade, a qual cria um campo magnético, causando o afastamento do induzido do assento e liberando a pressão X que aciona a válvula.
Pode ser acionada através do botão, o qual despressuriza a válvula internamente.
O acionamento por botão conjugado ao elétrico é de grande importância porque permite testar o circuito, sem necessidade de energizar o comando elétrico, permitindo continuidade de operação quando faltar energia elétrica.

Acionamento Combinado - Muscular ou Elétrico e Pneumático

## Tipo Construtivo

As válvulas direcionais, segundo o tipo construtivo, são divididas em 3 grupos:
- Válvula de distribuidor axial ou spool;
- Válvula poppet;
- Válvula poppet - spool.

## Válvula de Distribuidor Axial

São dotadas de um êmbolo cilíndrico, metálico e polido, que se desloca axialmente no seu interior, guiado por espaçadores e guarnições sintéticas que, além de guiar, são responsáveis pela vedação. O deslocamento do êmbolo seleciona a passagem do fluxo de ar atavés dos sulcos que possui. Seu curso de comando é mais longo que o das válvulas tipo poppet, apresentando, contudo, diversas vantagens: inexistência de vazamentos internos durante as mudanças de posição, permite grande intercâmbio entre os tipos de acionamentos, requer pequeno esforço ao ser acionada, dotada de boa vazão e pode ser aplicada com diferentes tipos de fluidos.

## Válvula Poppet

Pode ser do tipo:
- Assento com disco
- Assento com cone

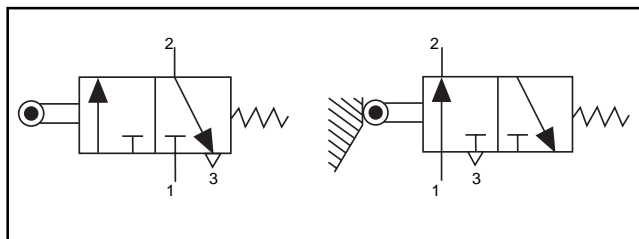
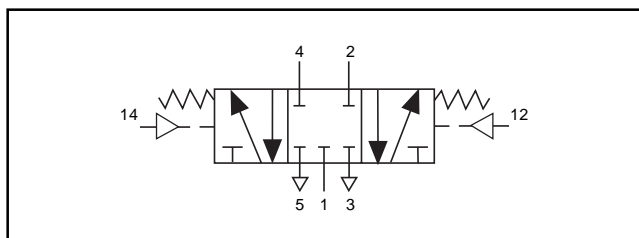
São válvulas de funcionamento simples, constituídas de um mecanismo responsável pelo deslocamento de uma esfera, disco ou cone obturador de seu assento, causando a liberação ou bloqueio das passagens que comunicam o ar com as conexões.

São válvulas de resposta rápida, devido ao pequeno curso de deslocamento, podendo trabalhar isentas de lubrificação e são dotadas de boa vazão.

## Válvulas Poppet-Spool

Possuem um êmbolo que se desloca axialmente sob guarnições que realizam a vedação das câmaras internas. Conforme o deslocamento, o êmbolo permite abrir ou bloquear a passagem do ar devido ao afastamento dos assentos. Desta forma a válvula realiza funções do tipo poppet e spool para direcionar o ar.

## Denominação de uma Válvula Direcional

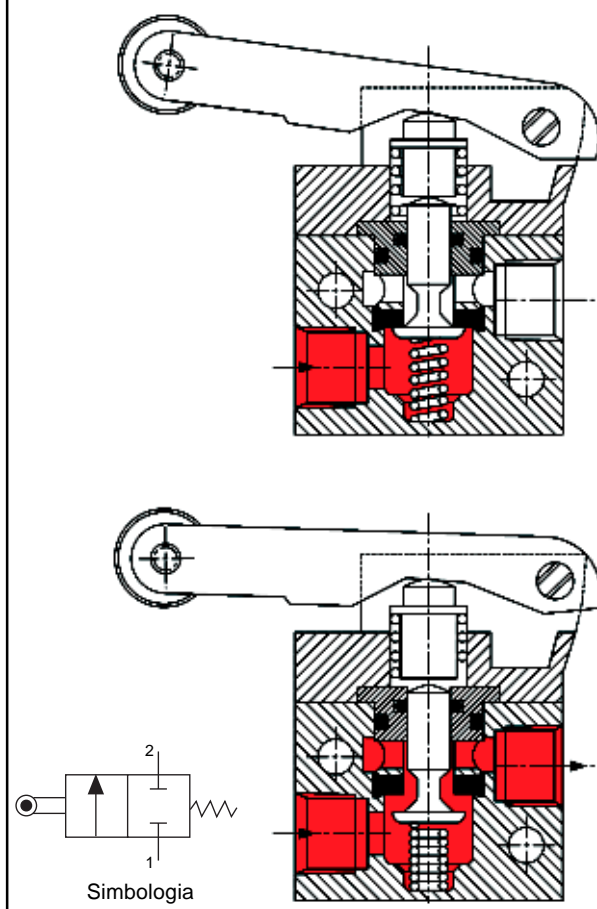
Nas válvulas de duas posições, as ligações são feitas no quadro do "retorno" (direita do símbolo), quando a válvula não estiver acionada. Quando acionada (presa em fim de curso na posição inicial), as ligações são feitas no quadro de acionamento (à esquerda do símbolo).

- Nas válvulas de três posições, as ligações são feitas no quadro central (posição neutra) quando não acionadas, ou no quadro correspondente, quando acionadas.

- O quadro (posição) onde as ligações são feitas, simbolicamente é fixo. Movimenta-se o quadro livre de ligações.

- **Posição zero ou repouso** - é a posição adotada pelas partes internas da válvula, quando não conectada nem acionada.
- **Posição inicial ou partida** - é a posição que uma válvula, um cilindro etc., ocupam após serem instalados em um sistema pneumático, pressurizado ou eletrizado. Nesta posição se inicia a sequência de operações previstas e geralmente são indicados a entrada de ar comprimido, escapes e utilizações.
- Em um circuito, todas as válvulas e cilindros são sempre representados em sua posição inicial.

## Tipos de Válvulas de Controles Direcionais

## 2/2 - Tipo Assento com Disco

Uma haste com disco na extremidade é mantida contra um assento de material sintético, evitando a passagem do ar comprimido. O disco é forçado contra o assento por uma mola, auxiliada posteriormente pela entrada do ar. Efetuando-se o acionamento, a haste e o disco são deslocados, permitindo o fluxo de ar. Cessado o acionamento, ocorre bloqueio do fluxo pela ação da mola de retorno.

**Válvula de Controle Direcional 2/2 Acionada por Rolete, Retorno por Mola, N.F, Tipo Assento com Disco**

## 2/2 - Tipo Spool

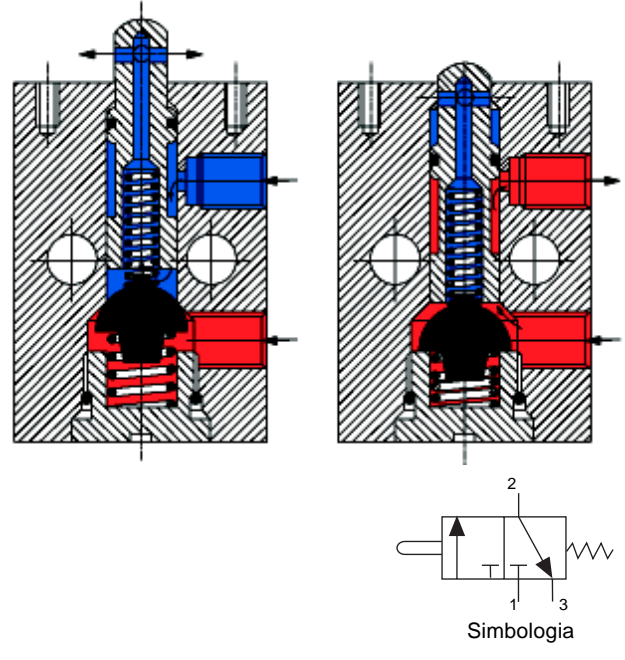
Nesta válvula, o distribuidor axial (êmbolo) se desloca com movimentos longitudinais sobre espaçadores e anéis de vedação tipo “O Ring”, permitindo ou não comunicação entre a conexão de alimentação e a utilização.
Quanto à posição inicial, esta pode ser fechada ou aberta. O êmbolo deve possuir uma superfície bem lisa e sem defeitos, a fim de que os anéis não sejam prejudicados e realizem uma boa vedação.
Quanto ao acionamento, podem ser musculares, mecânicos, pneumáticos e elétricos.

## 2/2 - Acionada por Solenóide Ação Indireta Servocomandada por Diafragma

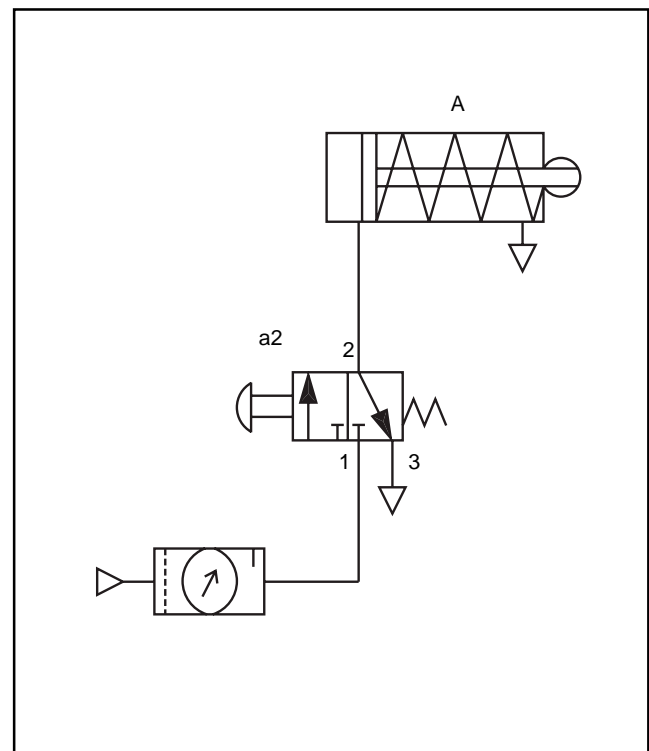
Quando a válvula é alimentada, a pressão atua na parte superior do diafragma, ao passar por alguns orifícios existentes na membrana, mantendo-a em sua sede, auxiliado pela mola posicionadora do induzido, vedando, assim, a passagem de fluxo.
No local onde o induzido apóia-se, existe um orifício piloto, o qual é mantido bloqueado, enquanto o solenóide não for energizado.
Energizando-se o solenóide, o induzido é atraído, liberando o orifício piloto, por onde ocorre o escape do ar da parte superior do diafragma, o que provoca um desequilíbrio de pressão. A pressão na parte inferior desloca o diafragma e libera o fluxo para a utilização.
Assim que o sinal elétrico é eliminado, o fluxo é interrompido pela ação da mola e posteriormente pela pressão.
Exemplo de aplicação de válvulas 2/2:
- Em comandos de válvulas acionadas por alívio de pressão.
- Controle e passa-não-passa
- Válvulas de fechamento (semelhantes a registros) etc.

## 3/2 Tipo Assento com Cone

Um corpo retangular abriga num furo interno uma haste perfurada, molas e um cone obturador.
Estão dispostos de tal maneira que, ao se realizar a alimentação, a pressão mantém o cone obturador em seu assento, auxiliada por uma mola.
Pressionando-se o acionamento, a haste perfurada é deslocada e se encaixa na ponta do cone, forçando-o a se desalojar do assento e liberando a pressão.
Cessado o acionamento, o cone é forçado contra o assento, enquanto a haste retorna à posição inicial.
Com o afastamento da haste em relação à ponta do cone, a furação interna desta é liberada e através dela o ar utilizado é exaurido para a atmosfera.

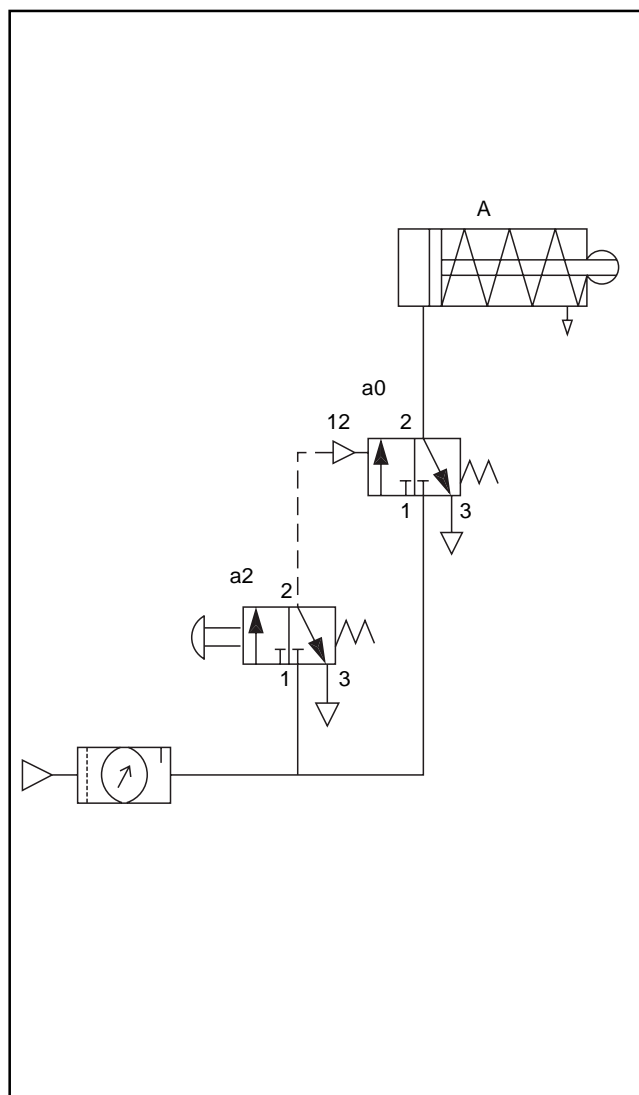
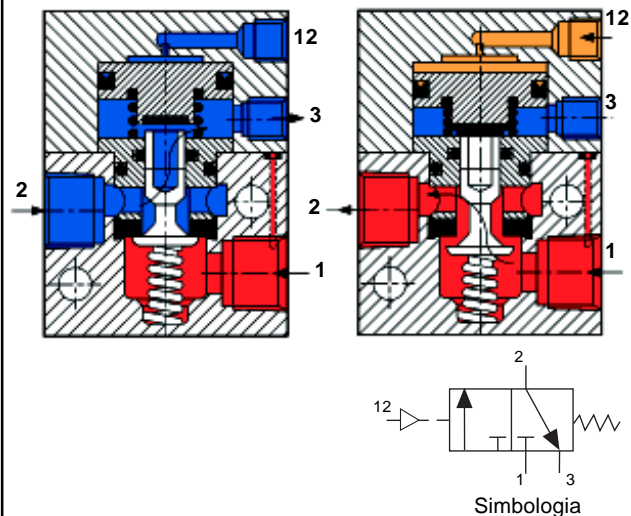
**Válvula de Controle Direcional 3/2 Acionada por Pino Retorno por Mola, N.F., Tipo Assento Cônico**

**Tipos de acionamento:** alavanca com trava, botão, pino, rolete, gatilho, esfera.

**Exemplo de Aplicação de uma Válvula 3/2 vias**

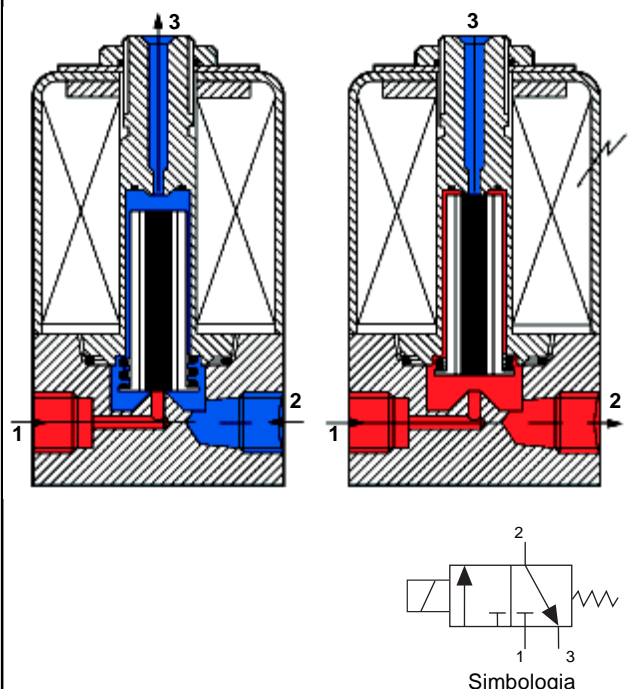
**Comando Básico Direto**

## 3/2 - Tipo Assento Com Disco - Acionada por Piloto

Emitindo-se o sinal de comando, este atua sobre um pistão, provocando seu deslocamento e compressão em uma mola. Com o contínuo deslocamento do pistão, o escape da válvula é vedado pela face oposta ao da atuação da pressão e a haste com o disco na extremidade é afastada do assento, propiciando passagem da pressão para a utilização.
O fluxo permanece enquanto a pressão é mantida sobre o pistão (piloto). Cortando-se o suprimento de ar do piloto, pela ação da mola e pressão, o disco é recolocado na posição inicial, bem como o pistão que, ao ser afastado, libera o escape.

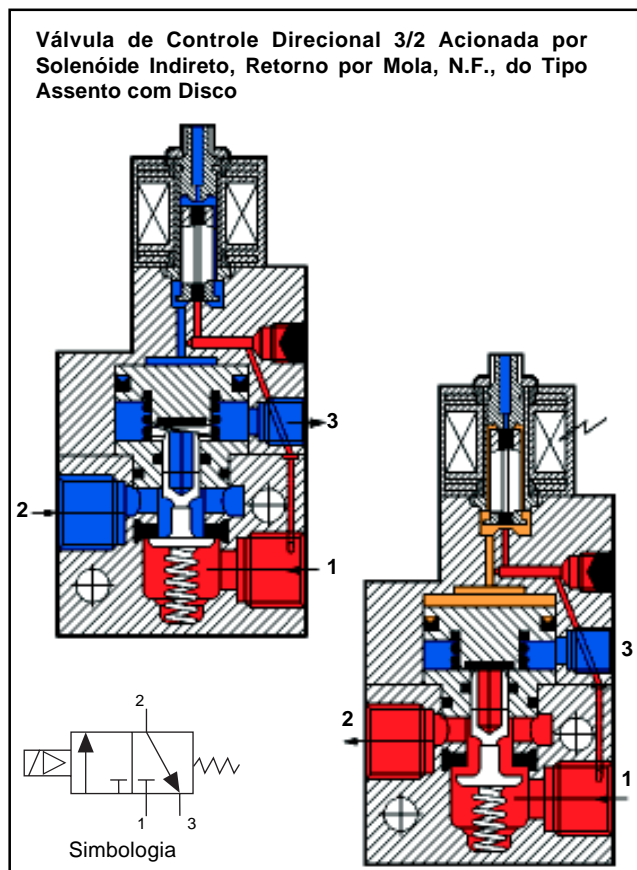
**Exemplo de Aplicação de uma Válvula 3/2 vias**

**Comando Básico Indireto**

**Válvula de Controle Direcional 3/2 Acionada por Piloto, Retorno por Mola, N.F., Tipo Assento com Disco**

## 3/2 - Comando Direto por Solenóide

Embora as válvulas de grande porte possam ser acionadas diretamente por solenóide, a tendência é fazer válvulas de pequeno porte, acionadas por solenóide e que servem de pré-comando (válvulas piloto), pois emitem ar comprimido para acionamento de válvulas maiores (válvulas principais).

**Válvula de Controle Direcional 3/2 Acionada por Solenóide Direto, Retorno por Mola, N.F.**

As válvulas possuem um enrolamento que circunda uma capa de material magnético, contendo em seu interior um induzido, confeccionado de um material especial, para evitar magnetismo remanescente. Este conjunto (capa + induzido) é roscado a uma haste (corpo), constituindo a válvula. O induzido possui vedações de material sintético em ambas as extremidades, no caso da válvula de 3 vias, e em uma extremidade, quando de 2 vias. É mantido contra uma sede pela ação de uma mola. Sendo a válvula N.F., a pressão de alimentação fica retida pelo induzido no orifício de entrada e tende a deslocá-lo. Por este motivo, há uma relação entre o tamanho do orifício interno de passagem e a pressão de alimentação. A bobina é energizada pelo campo magnético criado e o induzido é deslocado para cima, ligando a pressão com o ponto de utilização, vedando o escape. Desenergizando-se a bobina, o induzido retoma à posição inicial e o ar emitido para a utilização tem condições de ser expulso para a atmosfera. Esta válvula é frequentemente incorporada em outras, de modo que ela (válvula piloto) e a principal formem uma só unidade, como veremos em alguns casos adiante. Com as trocas das funções de seus orifícios, pode ser utilizada como N.A.

## 3/2 - Tipo Assento com Disco Acionada por Solenóide Indireto

**Válvula de Controle Direcional 3/2 Acionada por Solenóide Indireto, Retorno por Mola, N.F., do Tipo Assento com Disco**

Com processo de comando prévio, utilizando a válvula comandada por solenóide, descrita como pré-comando. Sua constituição e funcionamento são baseados na válvula comandada por ar comprimido, acrescida de válvula de pré-comando.
Ao se processar a alimentação da válvula, pela conexão mais baixa do corpo através de um orifício, a pressão de alimentação é desviada até a base do induzido da válvula de pré-comando, ficando retida.
Energizando-se a bobina, o campo magnético atrai o induzido para cima, liberando a pressão retida na base. A pressão liberada age diretamente sobre o pistão, causando o comando da válvula.
Cessado o fornecimento de energia elétrica, o campo magnético é eliminado, o induzido é recolocado na posição primitiva e a pressão de pilotagem é exaurida através do orifício de escape existente na válvula de pré-comando e o ar utilizado é expulso pelo orifício existente no corpo do acionamento.

## Válvula Tipo Assento com Disco Lateral

Em lugar da esfera e cones é empregada uma haste (para comando manual), ou pistão e haste para comandos por ar comprimido e elétricos, onde são colocados discos que fazem a seleção do fluxo de ar. A haste, ou pistão e haste, juntamente com os discos, deslizam axialmente no interior de espaçadores e anéis “O”, em consequência do acionamento; o bloqueio das passagens é feito por encosto lateral. Responsáveis pela comunicação dos orifícios entre si, os discos permitem fluxo ou não, auxiliados pelos espaçadores e anéis “O” posicionados em relação às conexões e o percurso do conjunto.

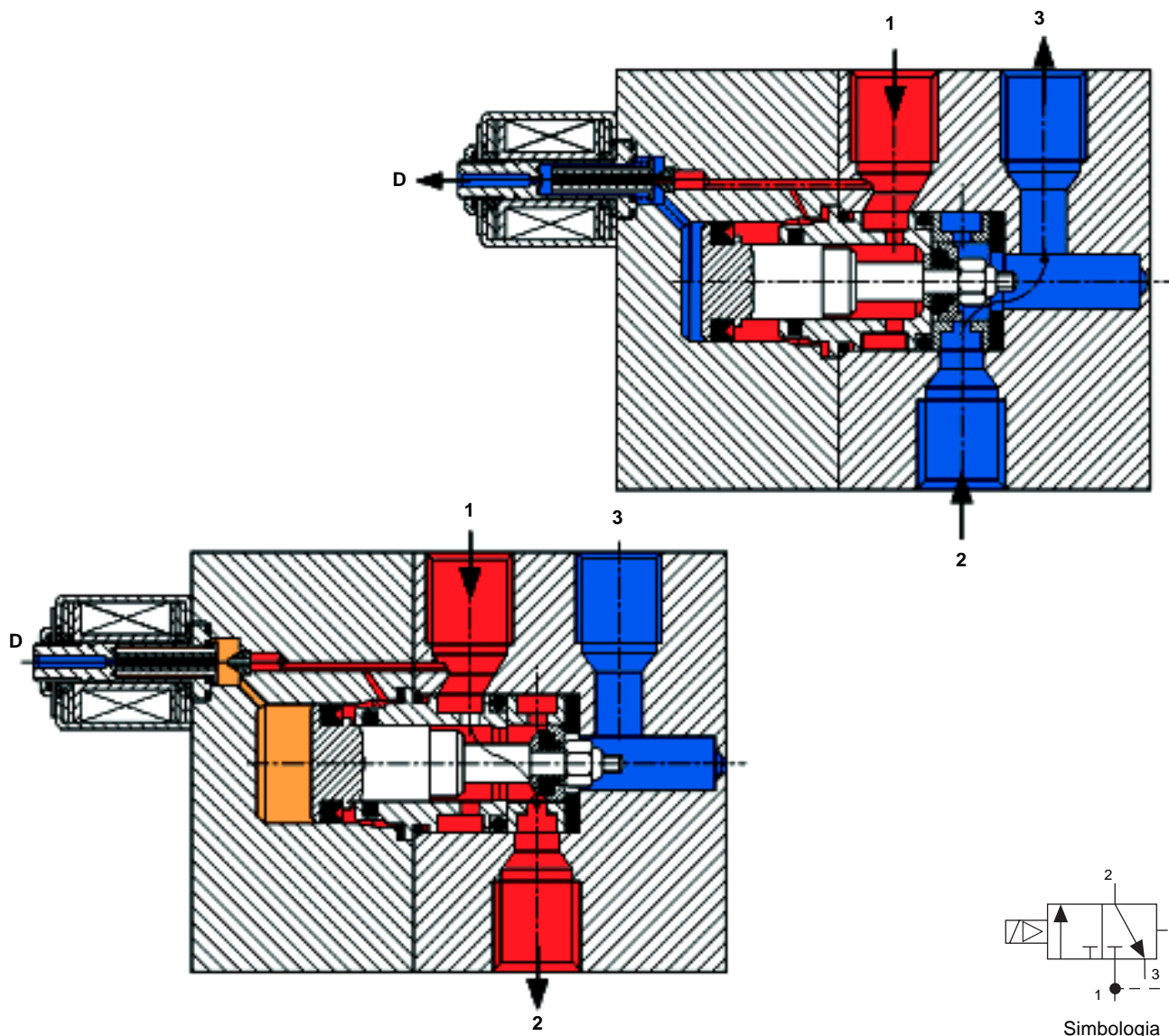
O critério de trabalho em ambas as versões é semelhante, diferindo apenas:

- **Modelo haste** - permite a conversão de N.F para N.A. e os meios de acionamento são musculares (pedal e alavanca).
- **Modelo pistão e haste** - não permite adaptação e o retorno está fundamentado na própria alimentação do ar comprimido. A inversão na função dos orifícios não permite o funcionamento correto da válvula.

## 3/2 - Tipo Pistão e Haste Acionamento por Simples Solenóide

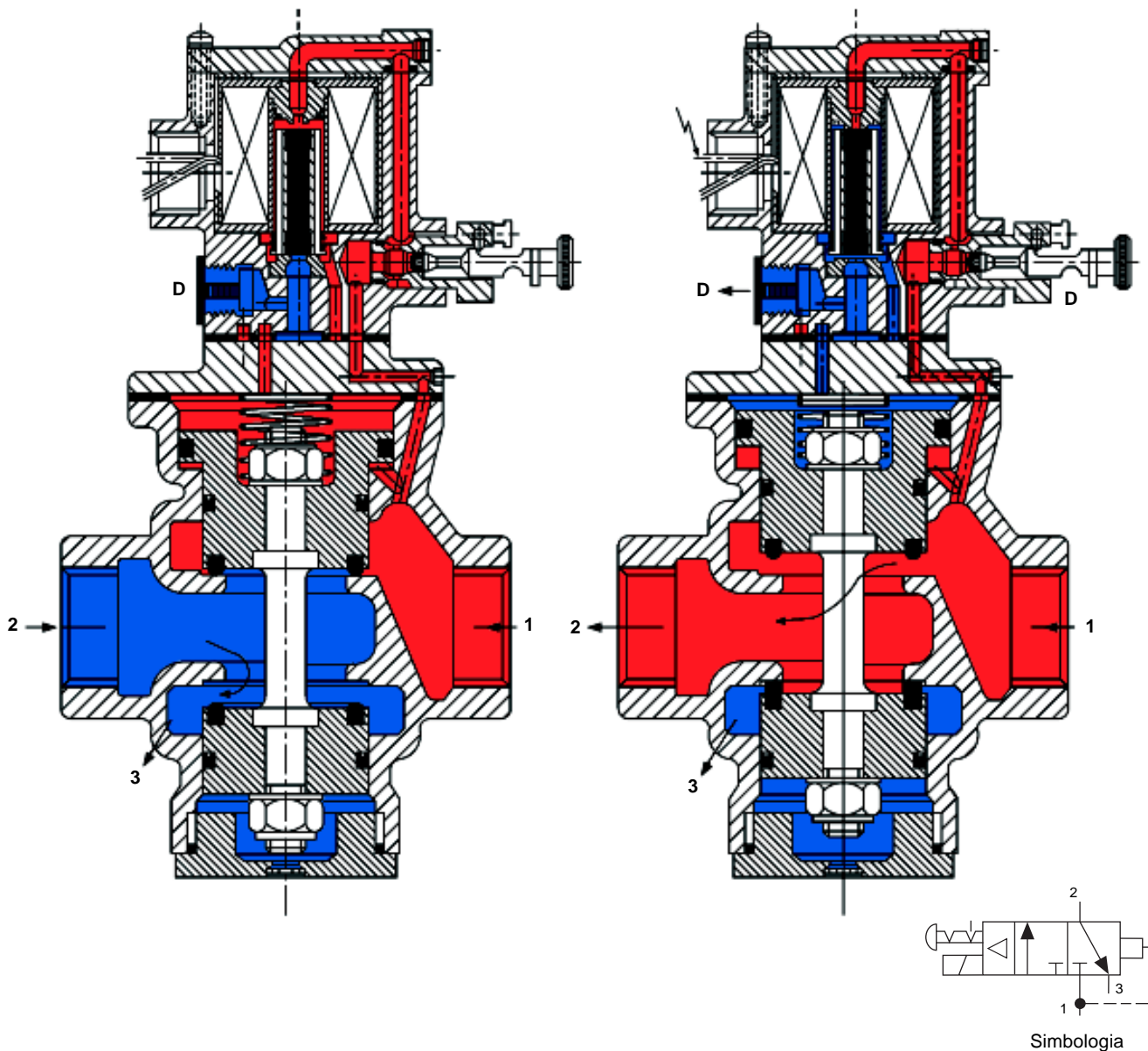
Seu funcionamento é idêntico ao da válvula acionada por simples piloto positivo. Em vez de emitir um sinal pneumático, é dotada de uma válvula comandada por solenóide e, ao ser criado o campo magnético, desloca o induzido, fazendo a pressão atuar sobre a face maior do êmbolo e permitindo a mudança de posição. Desenergizando-se a bobina, o induzido é recolocado em seu assento e o ar que havia comandado o pistão é eliminado para a atmosfera, permitindo que a válvula retorne à posição inicial por meio da presssão de alimentação, em contato direto com o pistão na face menor.

**Válvula de Controle Direcional 3/2 Acionada por Solenóide de Ação Indireta, Retorno por Suprimento Interno, N.F., Tipo Assento Lateral**

Simbologia

## 3/2 - Acionada por Solenóide

Ambas as versões (N.A ou N.F) são idênticas ao funcionamento do comando por piloto, com pequenas adaptações. Em lugar da tampa por onde é feita a pilotagem, existe um adaptador (base) com uma pequena válvula acionada por solenóide; a mola é colocada entre o adaptador e o êmbolo superior, para ficar assentada sobre este último.
No modelo N.F., alimentando-se a válvula, a pressão circula pelo interior da válvula de pré-comando (neste caso sempre N.A.), agindo sobre o êmbolo superior, auxiliando a mola a mantê-lo contra o assento e vencendo a força gerada pela pressão em sua face oposta.
Energizando-se o solenóide, ocorre um escape de ar, fazendo com que a força atuante na parte superior sofra um desequilíbrio e possibilitando a abertura da válvula. Esta mantém-se aberta enquanto o solenóide estiver energizado.
Desenergizando-se o solenóide, o conjunto interior reocupa a posição inicial, bloqueando a entrada de pressão e comunicando a utilização com o escape.

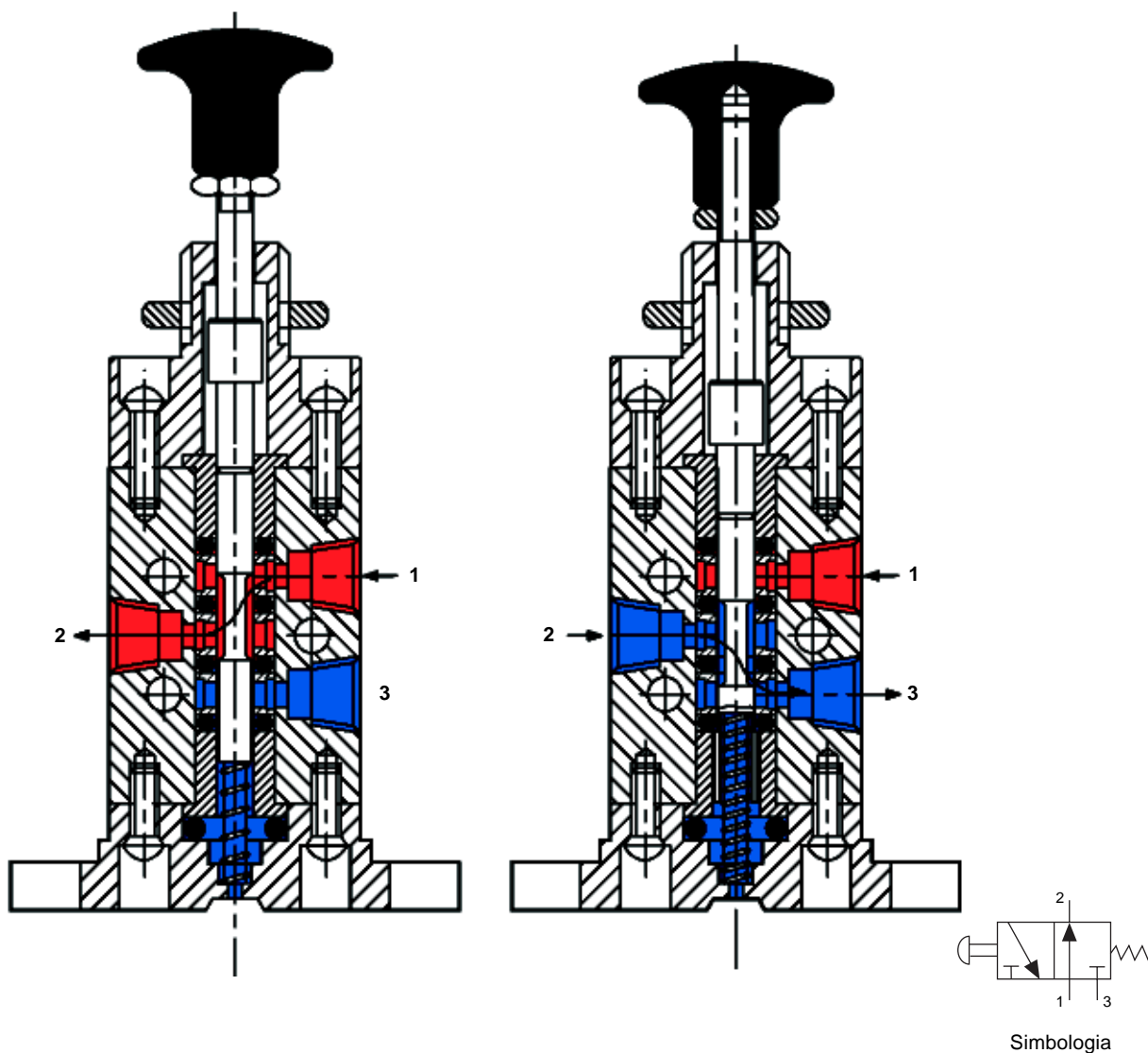
**Válvula de Controle Direcional 3/2 Acionada por Solenóide de Ação Indireta, Retorno por Suprimento Interno, N.F., Tipo Assento**

Simbologia

## 3/2 - Tipo Distribuidor Axial

A válvula de distribuidor axial de 3 vias e 2 posições, acionada por botão e retorno por mola. O distribuidor axial se desloca sobre espaçadores metálicos e anéis "O" estacionários no corpo da válvula e comunica a conexão de utilização alternativamente com pressão ou exaustão, em função do movimento longitudinal. A posição inicial pode ser fechada ou aberta, mostrando claramente que o ar comprimido poderá ou não fluir. As válvulas com esta construção são versáteis, bastando alterar as conexões de ligação. Seguindo-se certas recomendações, as condições N.F. e N.A. podem ser obtidas.

**Válvula de Controle Direcional 3/2, Tipo Distribuidor Axial Acionada por Botão e Retorno por Mola, N.A.**

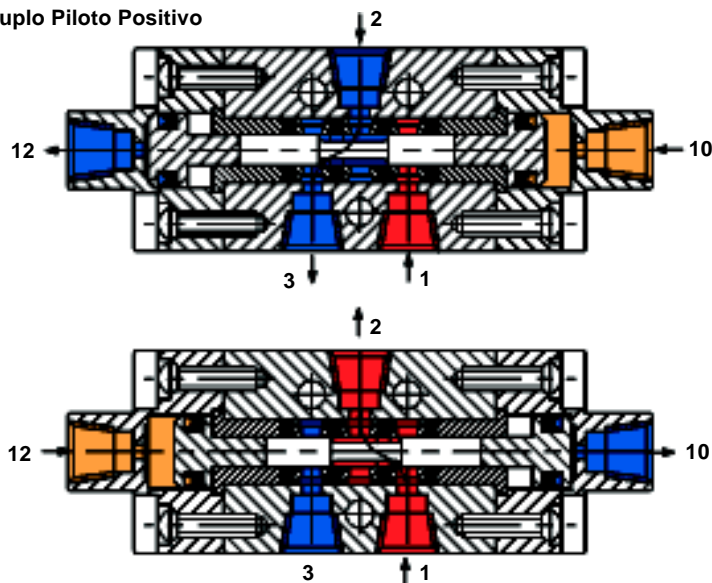


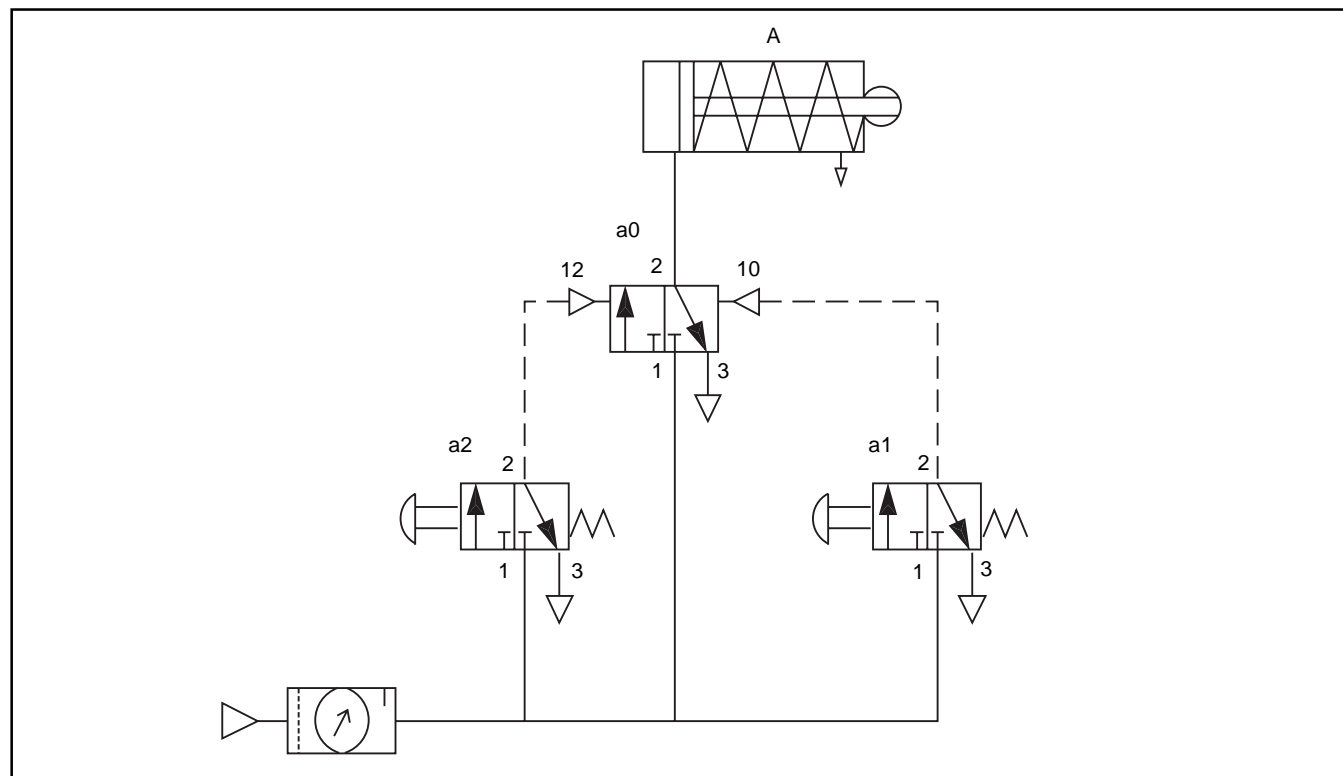
Simbologia

Fator importante é o distribuidor que se desloca sobre os anéis "O". Ele não deve ter cantos vivos ou imperfeições em sua superfície, pois isso acarreta a inutilização dos anéis, de grande importância para a vedação da válvula.

Estas válvulas também se destacam porque precisam de menores esforços de acionamento, não têm que vencer as forças impostas pela pressão de alimentação, além de serem disponíveis com a maioria dos tipos de acionamento e retorno facilmente combinados. O "spool" é dotado de um sulco, através do qual o ar comprimido é dirigido para a utilização e logo após é exaurido para a atmosfera.

Pelos meios de acionamento, o "spool" é deslocado de sua posição, permitindo comunicação com as vias correspondentes. Eliminada a influência sobre os acionamentos, o dispositivo de retorno recoloca a válvula na posição inicial.

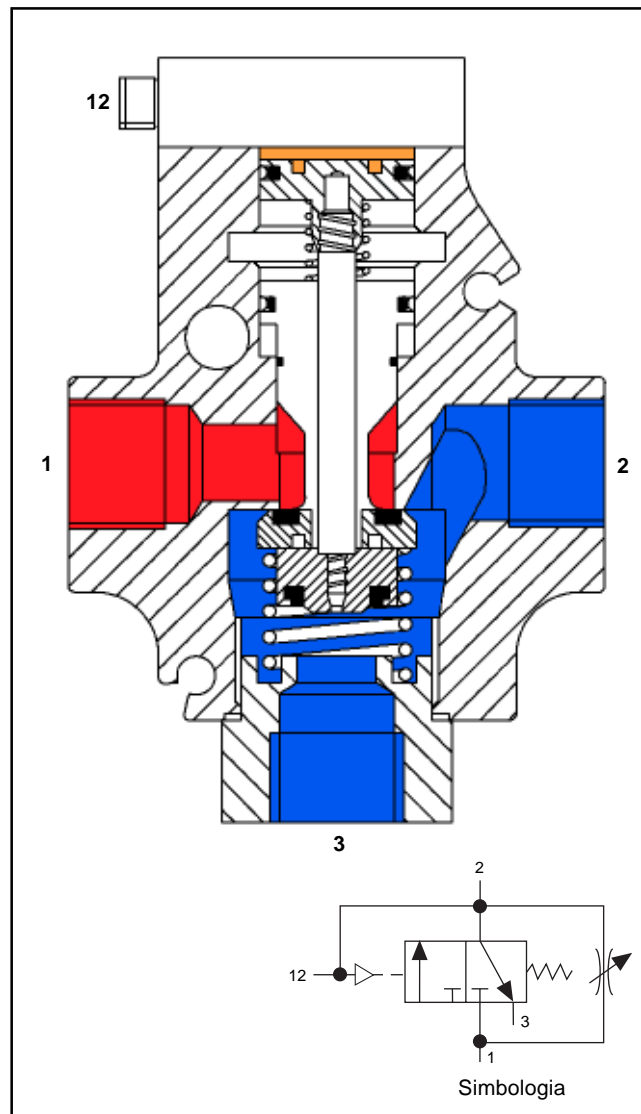
## 3/2 - Duplo Piloto Positivo

As válvulas de duplo piloto positivo são usadas em comandos remotos, circuitos semi ou completamente automáticos. Operadas normalmente por válvulas de 3 vias, com diversos tipos de acionamentos, um dos quais será escolhido em função da necessidade de operação. As válvulas acionadas por duplo piloto possuem dois pistões internos, acionados por impulsos alternadamente de acordo com o direcionamento exigido.

**Exemplo de Aplicação de uma Válvula 3/2 vias**

**Duplo Piloto Positivo**

## 3/2 Válvula de Partida Suave/Partida Rápida

Esta válvula deverá ser montada antes do FRL e com um ajuste de partida rápida com acesso facilmente ajustado na válvula de ajuste de vazão.

- Combinadas no mesmo corpo partida suave e partida rápida;
- Ampla capacidade de vazão até 4,2 Cv;
- Montada em linha ou de forma modular;
- Operação por piloto pneumático ou solenóide;
- Fácil ajuste de vazão na partida suave.

Simbologia

## Funcionamento

Quando a válvula está instalada no sistema pneumático e sem o sinal de piloto o pórtico 12 está em exaustão através da via 3. Quando um sinal de pilotagem atuar no pórtico 12 a válvula muda de estado, fechando a conexão entre as vias 2 e 3. Em um mesmo instante o fluxo de ar se inicia entre as vias 1 e 2 a uma baixa vazão controlada através da válvula de estrangulamento, localizada na frente da válvula. Quando a baixa pressão está aproximadamente 4Kgt/cm (60 PSI) o carretel principal abre, permitindo a passagem de toda a vazão de ar para o sistema.
Se houver a qualquer instante uma queda do sistema a válvula retorna à sua posição inicial, exaurindo a baixa pressão através da via 3.
O sinal de pilotagem pode ser realizado através de piloto pneumático direto no pórtico 12, no topo da válvula, ou através de um solenóide montado na tampa superior.
Obs.: Não use óleo sintético, recuperado, contendo álcool ou aditivo detergente.
Não restrinja a entrada da válvula pois existe um suprimento interno para o piloto. A tubulação de alimento de pressão deve ser de mesma medida do que o pórtico de entrada ou maior para garantir que a válvula piloto receba pressão suficiente de alimentação durante as condições de alta vazão.

## Válvula Direcional de Cinco Vias e Duas Posições (5/2)

São válvulas que possuem uma entrada de pressão, dois pontos de utilização e dois escapes. Estas válvulas também são chamadas de 4 vias com 5 orifícios, devido à norma empregada. É errado denominá-las simplesmente de válvulas de 4 vias.
Uma válvula de 5 vias realiza todas as funções de uma de 4 vias. Fornece ainda maiores condições de aplicação e adaptação, se comparada diretamente a uma válvula de 4 vias, principalmente quando a construção é do tipo distribuidor axial. Conclui-se, portanto, que todas as aplicações encontradas para uma válvula de 4 vias podem ser substituídas por uma de 5 vias, sem qualquer problema. Mas o inverso nem sempre é possível. Existem aplicações que uma válvula de 5 vias sozinha pode encontrar e que, quando feitas por uma de 4 vias, necessitam do auxílio de outras válvulas, o que encarece o circuito.

## 5/2 - Tipo Assento com Disco Lateral Acionada por Duplo Solenóide Indireto

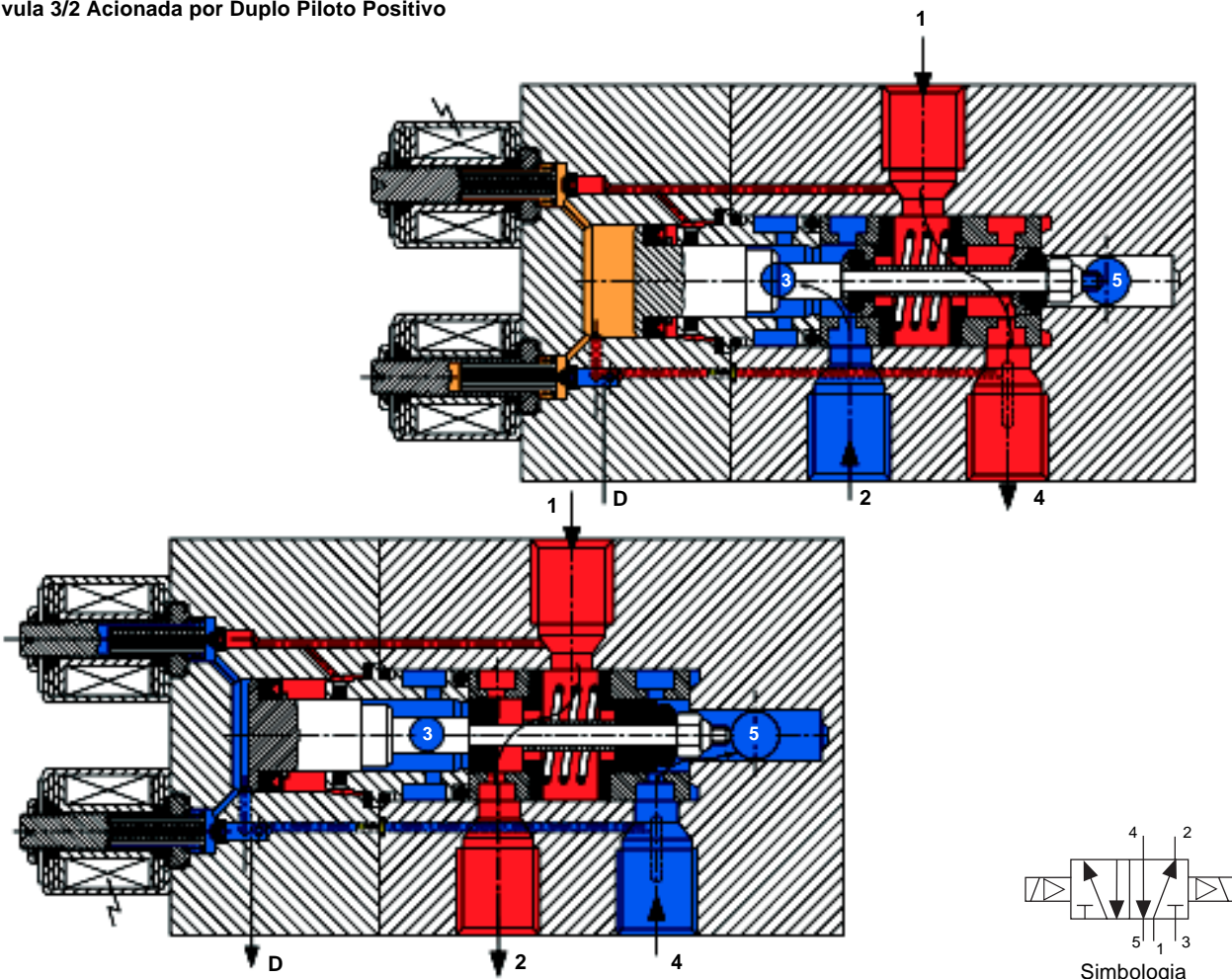
Alimentando-se a válvula, a pressão atua na área menor do pistão, flui para o ponto de utilização e alimenta uma válvula de pré-comando, ficando retida.
Para se efetuar mudança de posição, emite-se um sinal elétrico, que é recebido pela válvula de pré-comando; ocorre o deslocamento do induzido e a pressão piloto é liberada, o fluxo percorre o interior da válvula principal e chega até o acionamento de retorno; encontrando-o fechado, segue para a área maior do pistão, causando a alteração de posição e simultaneamente atinge uma restrição micrométrica, que possui duas funções. Nesta situação, sua função é evitar o máximo possível a fuga de ar que eventualmente possa ocorrer pelo escape da válvula. Alterada a posição, a conexão que recebia ar comprimido é colocada em contato com a atmosfera e o segundo ponto de utilização passa a receber fluxo, enquanto o seu escape é bloqueado.
O segundo ponto, ao receber ar comprimido através de uma pequena canalização, desvia uma mínima parcela do fluxo, por meio de restrição, confirmando o sinal de comando.
Para retorno, emite-se um sinal ao acionamento de retorno, que ao ser comutado desloca o êmbolo que vedava o ar de manobra, permitindo descarga para a atmosfera.
Quando o retorno é efetuado, a restrição micrométrica cumpre a sua segunda função; o comando de reversão é solicitado e causa a abertura de uma passagem para a atmosfera, com o fim de eliminar o primeiro sinal. Mas, pela restrição, há um fluxo que procura manter o sinal de comutação.
A mudança de posição é conseguida porque a restrição permite um mínimo fluxo, enquanto o acionamento de retorno exaure um fluxo maior, possibilitando uma queda de pressão e consequentemente de força. Isto faz com que a pressão de alimentação, atuando na área menor, retorne a válvula para a posição inicial.

**Válvula 3/2 Acionada por Duplo Piloto Positivo**

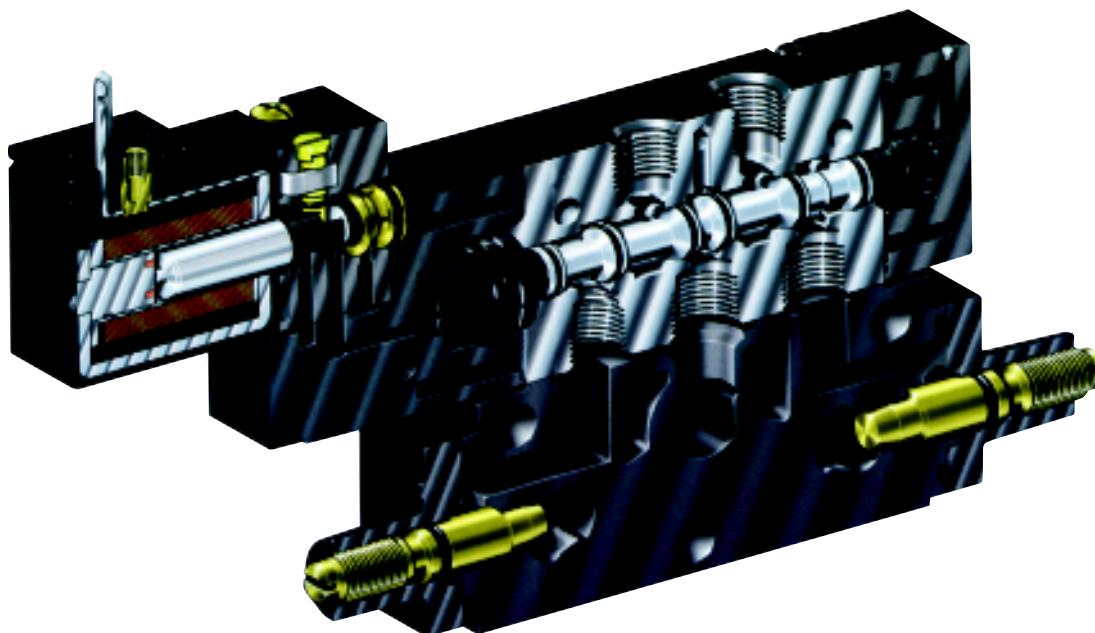
1 3 5 D 2 4

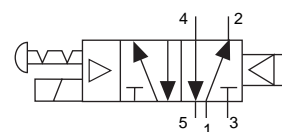
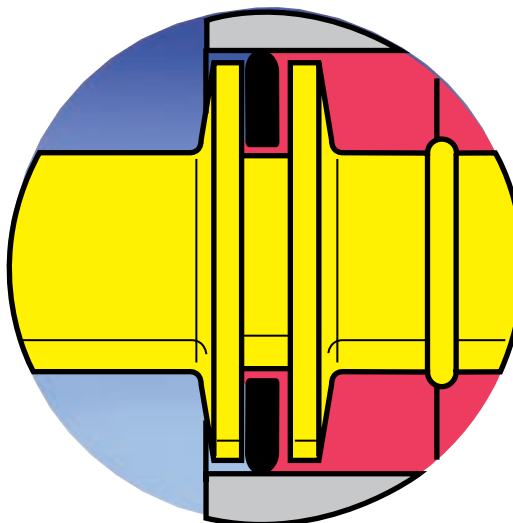
1 3 5 D 2 4

4 2 5 1 3

Simbologia

## 5/2 Tipo Distribuidor Axial Acionamento por Simples Solenóide Indireto

As Válvulas Série B, além de possuir o sistema de compensação de desgaste WCS, são indicadas para acionar cilindros de simples e dupla ação, assim como qualquer outro sistema pneumático. Esta série de válvulas se apresenta nas versões solenóide ou piloto (2 e 3 posições). As válvulas simples solenóide/simples piloto atuam através de um sinal elétrico/pneumático contínuo, sendo que as válvulas de duplo solenóide/ duplo piloto atuam por meio de sinais alternados, ou seja, uma vez eliminado o sinal elétrico/pneumático a válvula manterá a posição do último sinal, exceto as de 3 posições, onde o sinal deve ser contínuo.

**Sistema de Compensação de Desgaste**

**Vantagens do Uso do Sistema de Compensação de Desgaste WCS**

- **Máximo Rendimento**
  - Resposta Rápida - Pressão inferior de operação;
  - Baixo Atrito - Menos desgaste.
- **Vida Útil Longa**
  - Sob pressão a expansão radial das vedações ocorre para manter o contato de vedação com o orifício da válvula.
- **Regime de Trabalho**
  - Trabalha sem lubrificação, não é requerida a lubrificação para válvula com mudança de posição contínua.
- **Vedação Bidirecional do Carretel**
  - É usado um mesmo carretel para várias pressões, incluindo vácuo.

Simbologia

## Válvula Direcional 5/2 Acionada por Simples Solenóide Série ISO

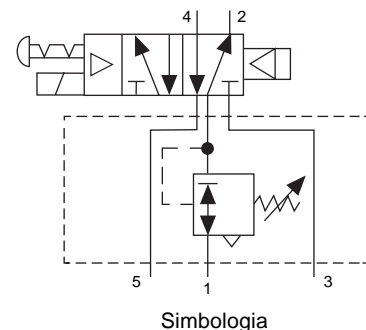
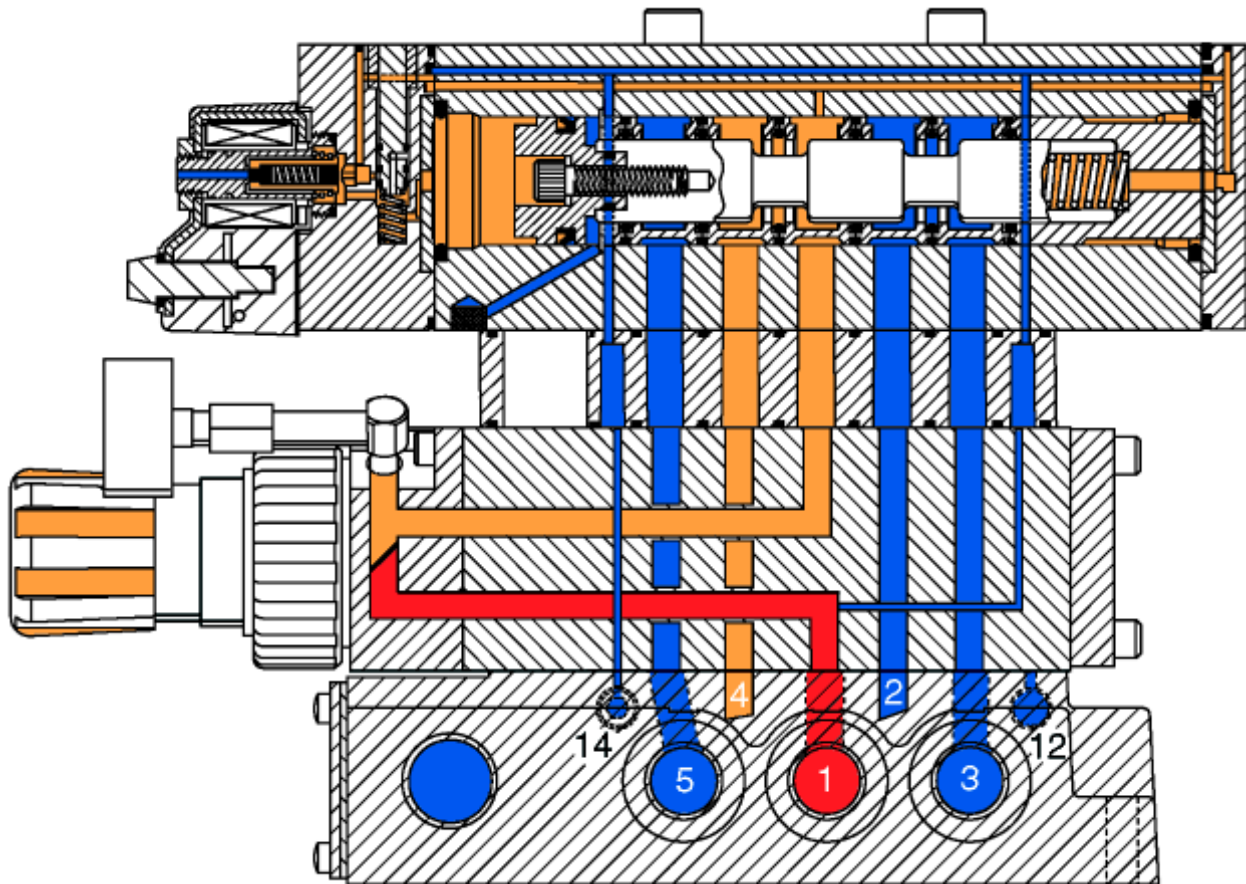
Seu critério de funcionamento é da seguinte forma: Ao ser alimentada a válvula principal, através de canais internos o ar comprimido é colocado em contato com a válvula de pilotagem. A pressurização de pilotagem da válvula principal será feita por uma circulação interna na válvula piloto, a qual é caracterizada como N.F. Ao energizar-se o solenóide da válvula piloto, libera-se a circulação interna de ar pilotando a válvula principal, permitindo pressão de pilotagem na área maior do êmbolo comutando a válvula principal.
Desenergizando-se o solenóide, o retorno da válvula à posição inicial é feito pela pressão que volta a atuar na área menor.

**Válvula de Controle Direcional 5/2, Acionamento por Simples Solenóide Indireto, Tipo Distribuidor Axial**

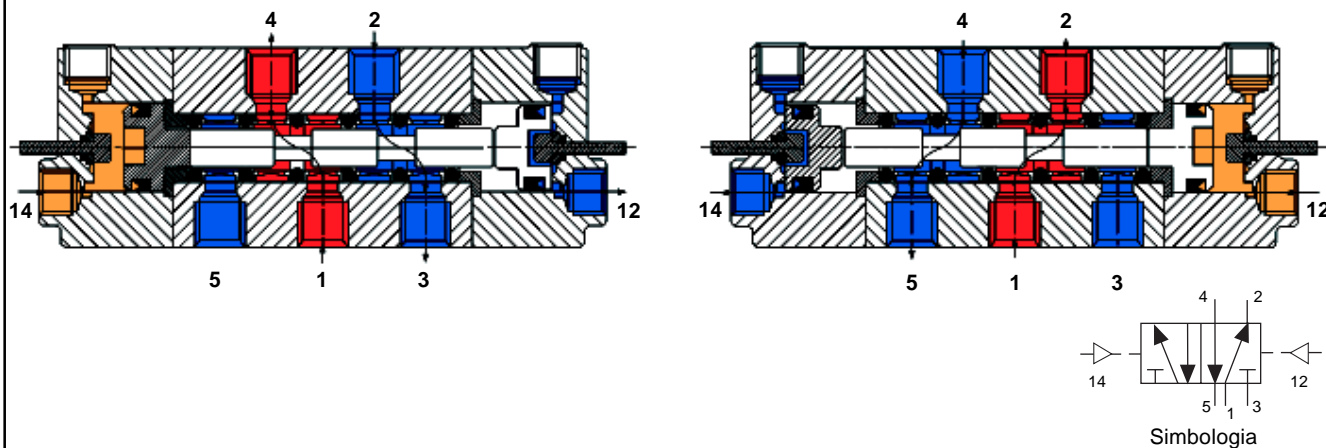
Simbologia

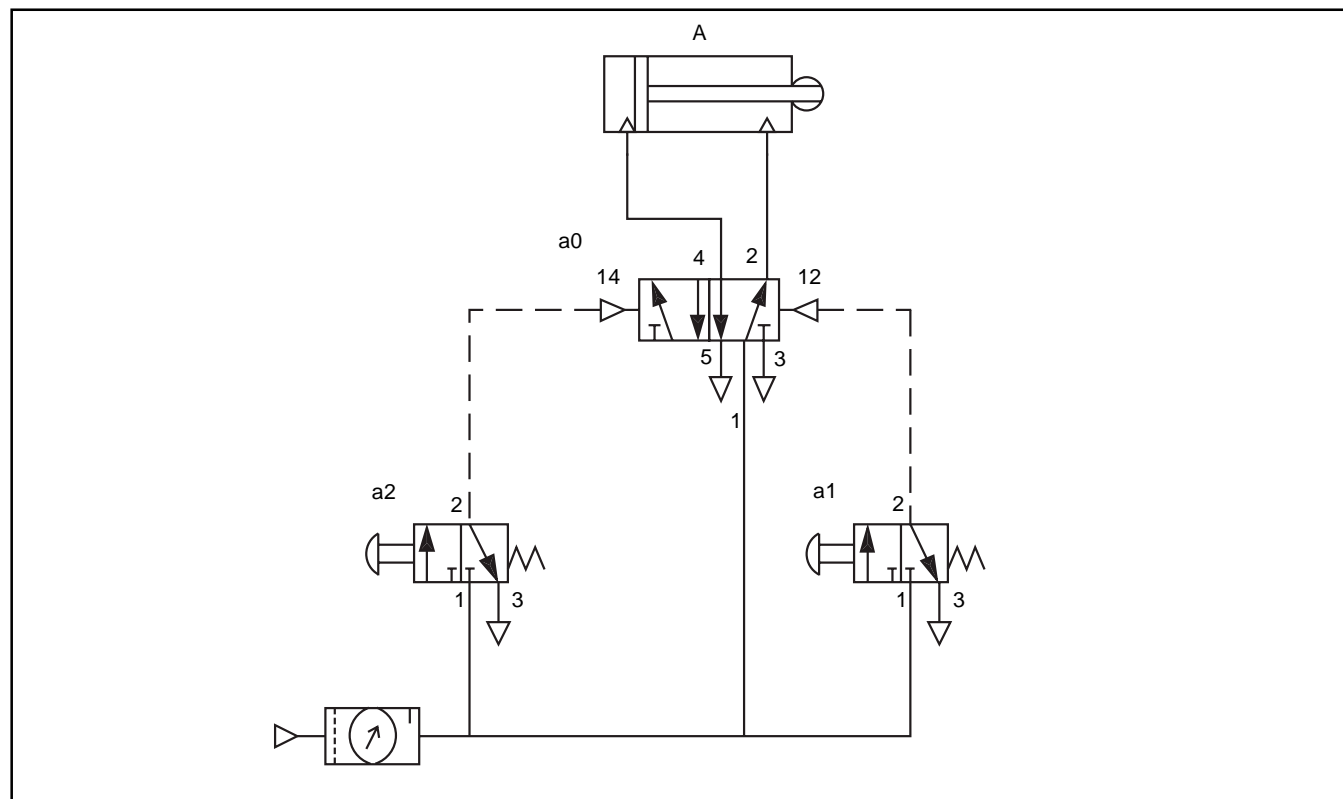


Training

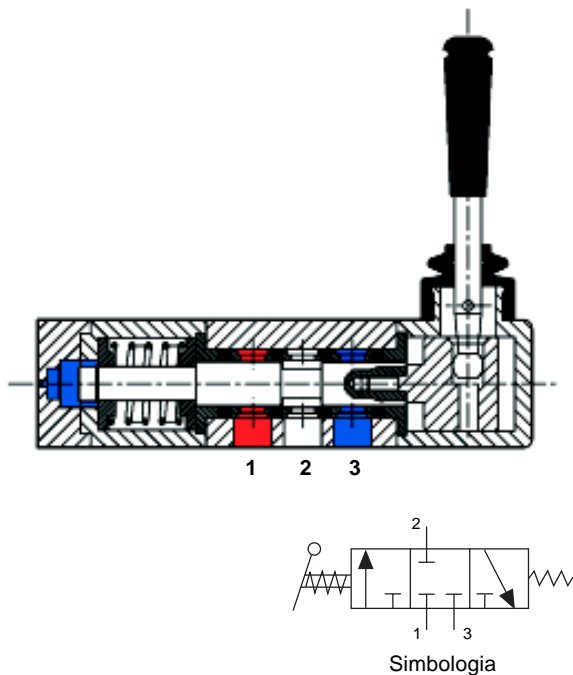
Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.
Jacareí, SP - Brasil

## 5/2 - Tipo Spool Acionada por Duplo Piloto

São válvulas utilizadas geralmente para operar cilindros de dupla ação. Permitem fluxo total porque sua área de passagem interna é equivalente à área de passagem da conexão nominal. Sua construção interna não permite fugas de ar durante o movimento do spool, pois este é flutuante sobre guarnições tipo "O" Ring distanciadas por espaçadores estacionários. Quando a válvula é alimentada, através do orifício de pilotagem, o ar comprimido é dirigido à extremidade do êmbolo, desta forma ocorrerá deslocamento do êmbolo devido à pressão piloto. Com este movimento, o orifício de pressão "1" alimentará "4", e "2" terá escape por "3".
Com a pilotagem no lado oposto, o processo de mudança de posição é idêntico.

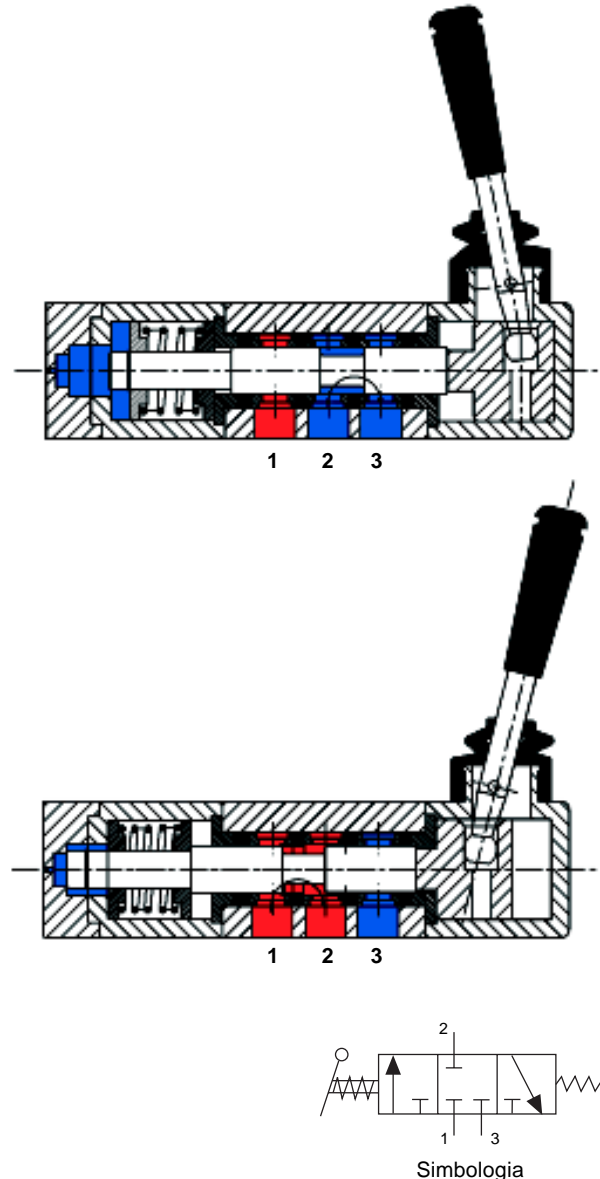
**Válvula de Controle Direcional 5/2, Acionamento por Duplo Piloto Positivo, Tipo Distribuidor Axial**

**Exemplo de Aplicação de uma Válvula 5/2 vias**

**Duplo Piloto Positivo**

## Válvula Direcional de Três Vias e Três Posições (3/3)

Com as mesmas conexões de uma 3/2, é acrescida de uma posição chamada Centro, Posição Neutra ou Intermediária, fornecendo outras características à válvula. Existindo 3 posições, o tipo de acionamento terá que possuir três movimentos, para que se possa utilizar de todos os recursos da válvula.
O centro de uma V.D. 3/3 normalmente é C.F. (centro fechado). Nesta posição, todas as conexões, sem exceção, estão bloqueadas. Este tipo de centro permite impor paradas intermediárias em cilindros de S.E., mas sem condições precisas.
A comunicação entre orifícios é conseguida através do distribuidor axial, que se desloca no interior da válvula, comunicando os orifícios de acordo com seu deslocamento, efetuado pelo acionamento. Pode ser comandada por acionamento muscular, elétrico ou pneumático e dificilmente por mecânico.

**Válvula de Controle Direcional 3/3, Acionamento por Alavanca Centrada por Mola C.F.; Tipo Distribuidor Axial**

A Posição Neutra é conseguida por:

- **Centragem por molas ou ar comprimido** - eliminado o efeito sobre o acionamento, o carretel é centrado através da pressão do ar comprimido ou por força da mola, sendo mantido até que o caminho se processe.
- **Travamento** - utilizado geralmente com acionamento muscular.

**Válvula de Controle Direcional 3/3, Acionada**

Acionada a válvula, através de um dispositivo de esferas ou atrito, o carretel é retido na posição de manobra. Para colocá-lo em outra posição ou no centro, é necessária a influência humana, que vence a retenção imposta, deslocando o distribuidor para a posição desejada. O mesmo critério é empregado quando são válvulas 4/3 ou 5/3.

## Válvula Direcional de Cinco Vias e Três Posições (5/3)

Uma válvula 5/3 C.F. (Centro Fechado). É utilizada para impor paradas intermediárias. A válvula 5/3 C.A.N. (Centro Aberto Negativo), onde todos os pontos de utilização estão em comunicação com a atmosfera, exceto a pressão, que é bloqueada; utilizada quando se deseja paralisar um cilindro sem resistência e selecionar direções de fluxo para circuitos.
Na válvula de 5/3 C.A.P. (Centro Aberto Positivo), os pontos de utilização estão em comunicação com a alimentação, exceto os pontos de exaustão. Utilizada quando se deseja pressão nas duas conexões de alimentação do cilindro.
A comunicação entre as conexões é conseguida através de canais internos.
Facilita a manutenção, devido à sua forma construtiva e contém uma mínima quantidade de peças facilmente substituíveis na própria instalação. Pode ser instalada em painéis com saídas laterais ou pela base e possibilita sua utilização como 3/3, efetuando-se um pequeno bloqueio com tampão em um dos pontos de utilização.

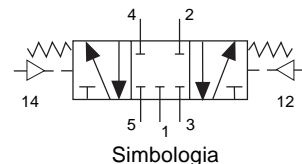
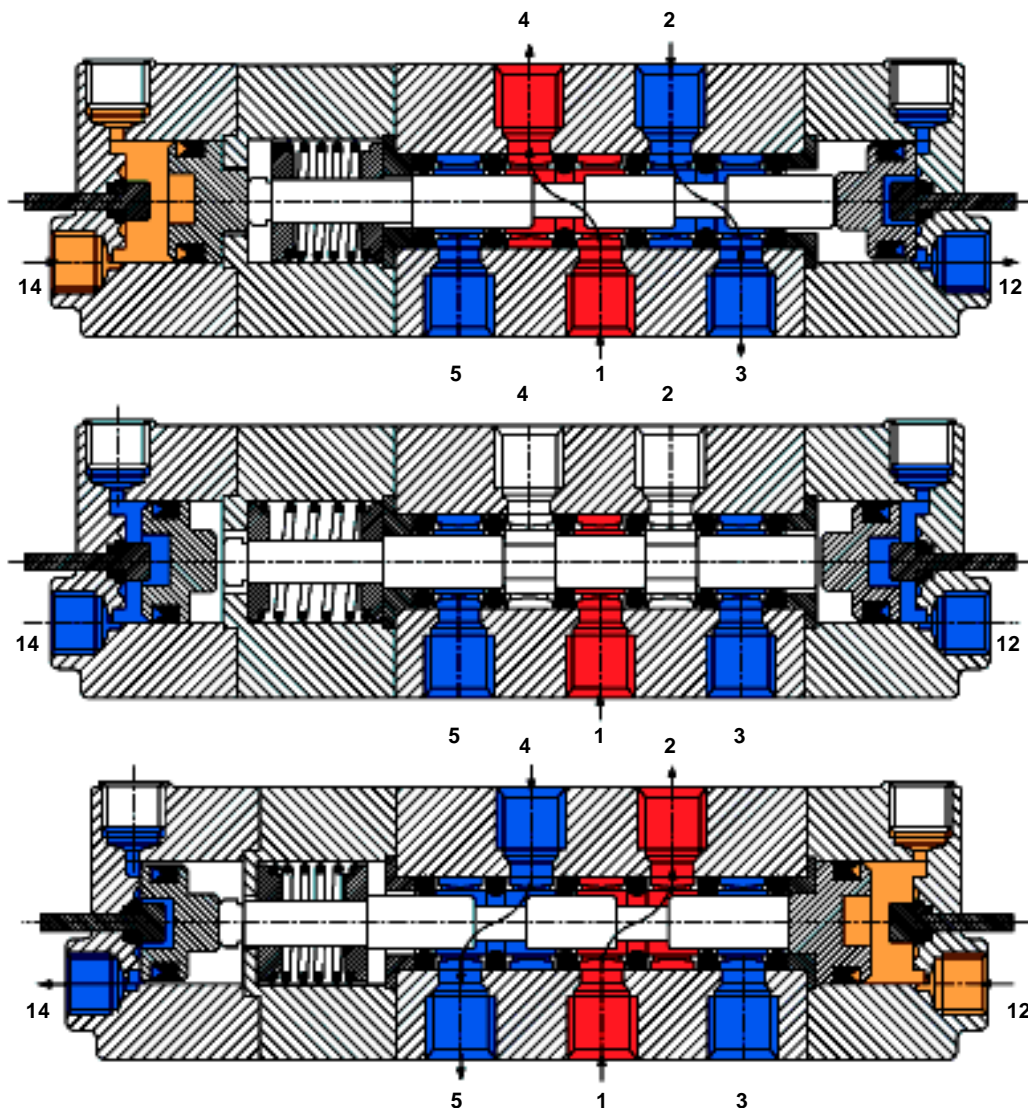
**Válvula de Controle Direcional 5/3, Acionada por Duplo Piloto, Centrada por Mola, C.F., Tipo Distribuidor Axial**

4 2
14 12
5 1 3

4 2
14 12
5 1 3

4 2
14 12
5 1 3

4 2
14 12
5 1 3

Simbologia

## Válvula Direcional de Cinco Vias e Três Posições (5/3)

5/3 Centro Aberto Positivo (C.A.P.), Acionada por Duplo Solenóide e Centrada por Ar.

As válvulas de centro aberto positivo, quando na posição neutra, direcionam a pressão para ambos os pontos de utilização e os escapes permanecem bloqueados.

A posição intermediária autocentrante é obtida por ar comprimido, que por orifícios internos transmite pressão aos pistões nas extremidades do distribuidor.

Ao se energizar um dos solenóides, o induzido deslocado permitirá que a pressão piloto interna flua para o escape, prevalecendo a pressão piloto no lado oposto, que deslocará o distribuidor, alterando o fluxo.

Nesta posição, um dos orifícios de utilização terá fluxo em escape e a alimentação continuará a fluir para o outro orifício de utilização.

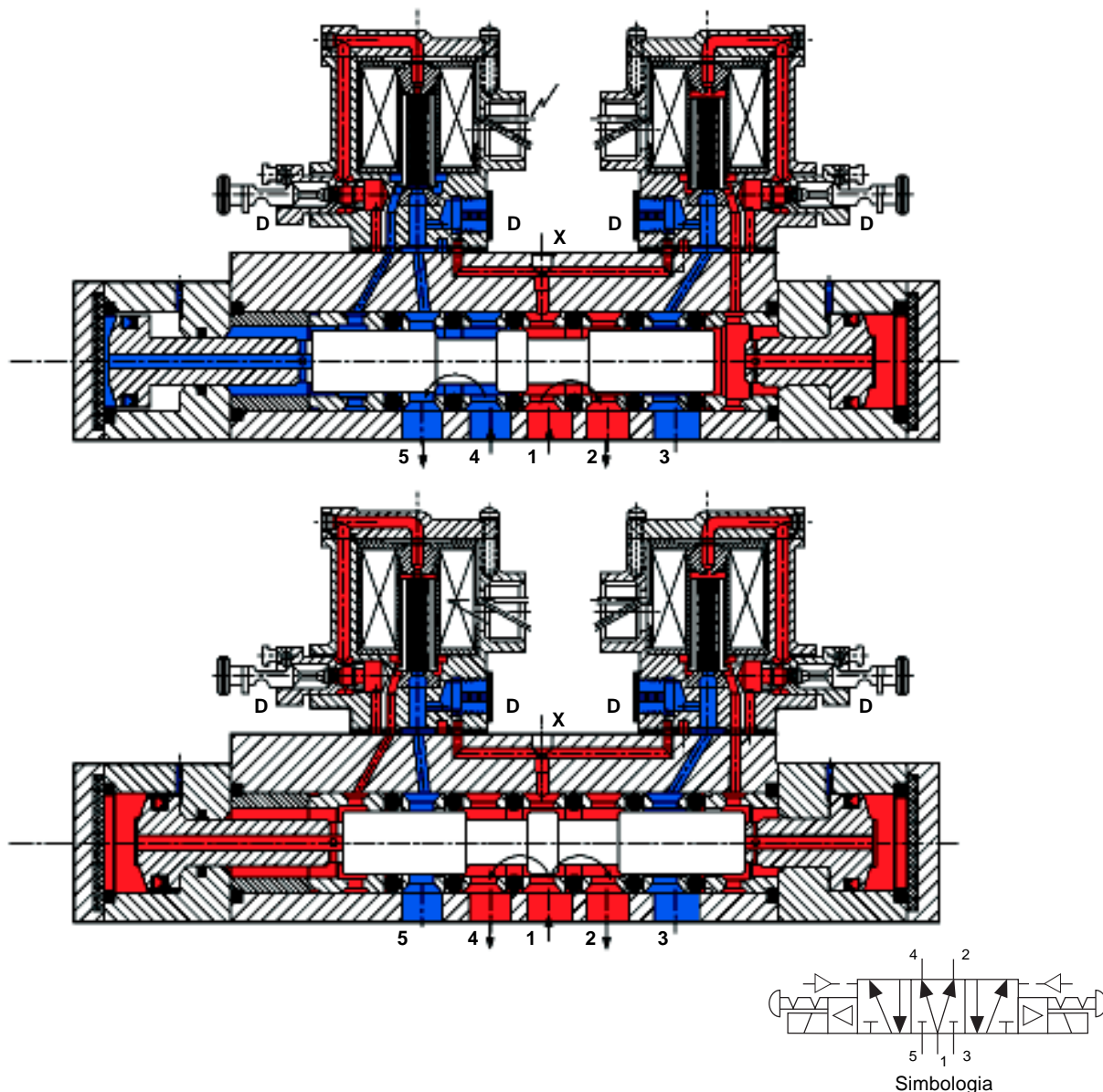
Assim que o solenóide for desenergizado, o distribuidor será autocentrado.

Ao energizar-se o solenóide oposto, teremos o mesmo funcionamento interno da válvula, variando o sentido de deslocamento do distribuidor e conseqüentemente o fluxo.

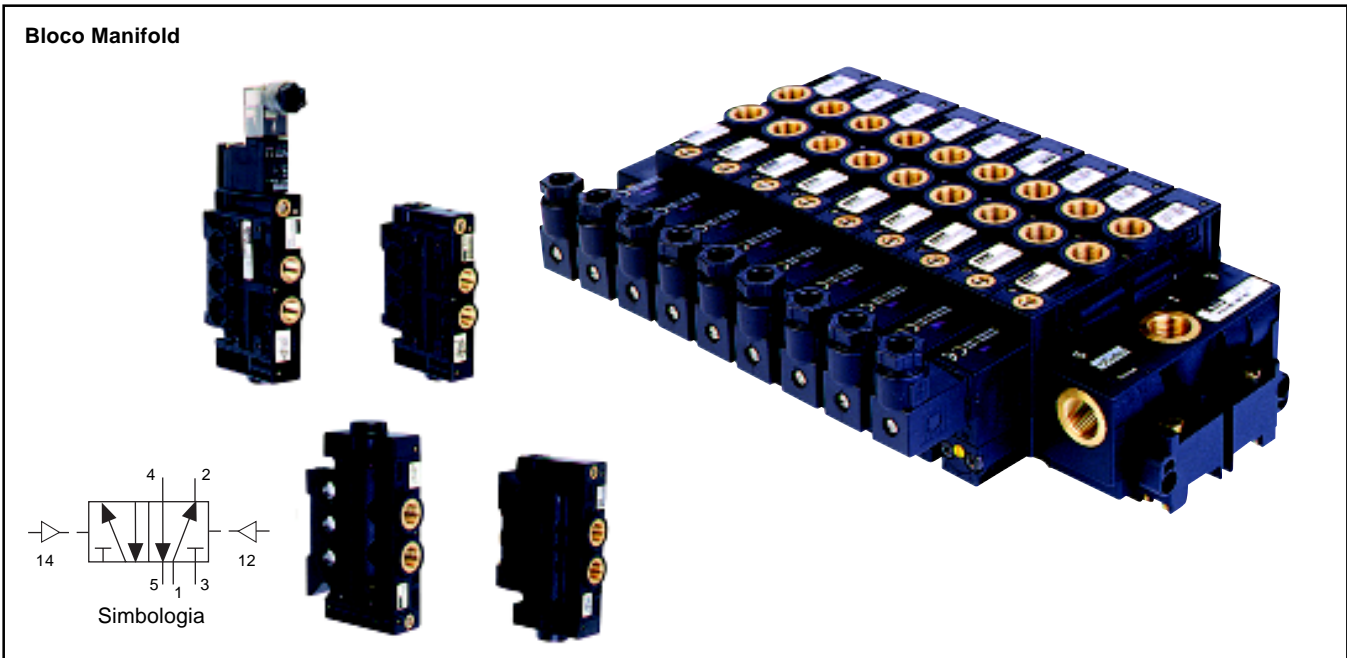
Comandando-se um cilindro de duplo efeito, quando na posição central, a válvula formará um circuito fechado e diferencial.

**Válvula de Controle Direcional 5/3, Acionada por Duplo Solenóide, Centrada por Ar Comprimido, C.A.P., Tipo Carretel**



Simbologia

## Montagem de Válvulas Pneumáticas em Bloco Manifold

Bloco Manifold

Simbologia

### Descrição

As válvulas da Série PVL apresentam dois tipos de montagem: individual e manifold. Sendo que, para a montagem em manifold, estão disponíveis duas versões: sobre trilho normatizado DIN ou com fixação direta.
A montagem sobre trilho foi projetada para facilitar a instalação e manutenção, reduzindo custo. As válvulas possuem um sistema de encaixe nos tirantes, permitindo a montagem e desmontagem dos blocos de válvulas com maior rapidez.
O corpo da válvula é intercambiável com os dois tipos de acionamentos (pneumático ou elétrico), proporcionando grande versatilidade ao projeto.
O material utilizado no processo de fabricação da série PVL proporciona alta resistência à corrosão, seja proveniente do fluido ou do ambiente e baixo peso.
A série PVL apresenta roscas G1/4 e G1/8, acionamento elétrico ou pneumático, atuador manual incorporado no conjunto solenóide da válvula, LED indicador, supressor transientes e design moderno.
As válvulas são fornecidas pré-lubrificadas, sendo que, normalmente, não é necessária lubrificação adicional. Caso seja aplicada, deverá ser mantida em regime contínuo através de um lubrificador de linha.

### Características Técnicas

| | |
|---|---|
| **Vias/Posições** | 5/2 |
| **Conexão** | G1/8 e G1/4 |
| **Tipo Construtivo**<br>**Acionamentos** | Spool<br>Elétrico e Pneumático |
| **Vazão a 6 bar** | 900 l/min (G1/8)<br>1850 l/min (G1/4) |
| **Faixa de Temperatura** | -15°C a +60°C |
| **Cv** | 0,56 (G1/8)<br>1,15 (G1/4) |
| **Faixa de Pressão** | 3 a 10 bar<br>(Retorno por Mola ou Piloto Diferencial)<br>2 a 10 bar<br>(Retorno por Piloto ou Solenóide) |
| **Fluido** | Ar Comprimido Filtrado, Lubrificado ou Não |

### Materiais

| | |
|---|---|
| **Corpo** | Poliamida |
| **Vedações** | Poliuretano |
| **Torque de Aperto das Conexões (máx.)** | 10 Nm (G1/8)<br>20 Nm (G1/4) |
| **Posição de Montagem** | Todas as posições |

## Válvulas com Acionamento Pneumático (Piloto)

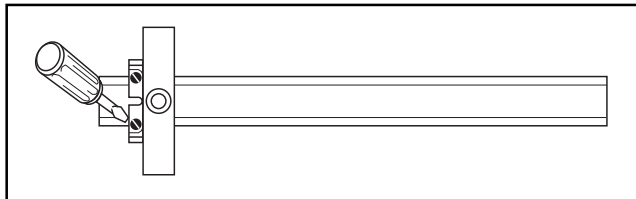
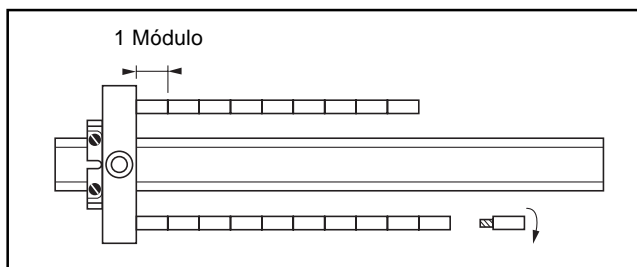
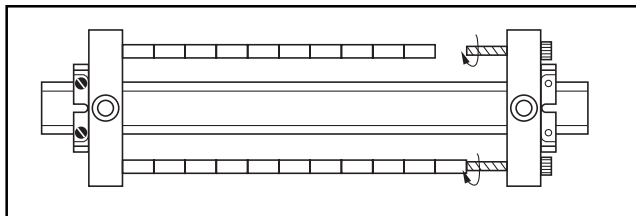
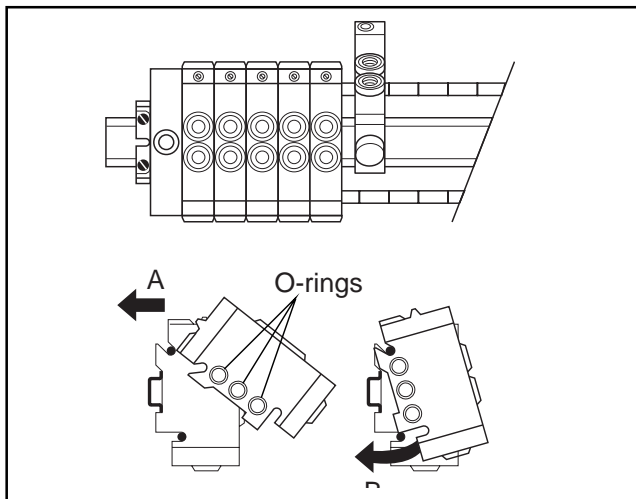
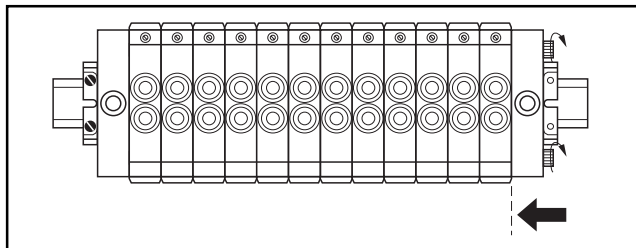
| Rosca | | 1/8" | 1/4" |
|---|---|---|---|
| Tempo de Resposta a 6 bar | Piloto/Mola | 14 ms | 25 ms |
| | Piloto/Piloto Diferencial | 14 ms | 31 ms |
| | Piloto/Piloto | 8 ms | 11 ms |
| Pressão Mínima de Pilotagem a 6 bar na Entrada | Piloto/Mola | 3 bar | 3 bar |
| | Piloto/Piloto Diferencial | 4 bar | 4 bar |
| | Piloto/Piloto | 1,5 bar | 1,5 bar |
| Frequência Máxima de Funcionamento | Piloto/Mola | 5 Hz | 5 Hz |
| | Piloto/Piloto Diferencial | 5 Hz | 5 Hz |
| | Piloto/Piloto | 10 Hz | 10 Hz |
| Atuador Manual do Corpo | Piloto/Mola | Giratório | Giratório |
| | Piloto/Piloto Diferencial | Giratório | Giratório |
| | Piloto/Piloto | Impulso | Impulso |
| Peso | Piloto/Mola | 0,102 kg | 0,202 kg |
| | Piloto/Piloto Diferencial | 0,102 kg | 0,202 kg |
| | Piloto/Piloto | 0,094 kg | 0,189 kg |

## Válvulas com Acionamento Elétrico (Solenóide)

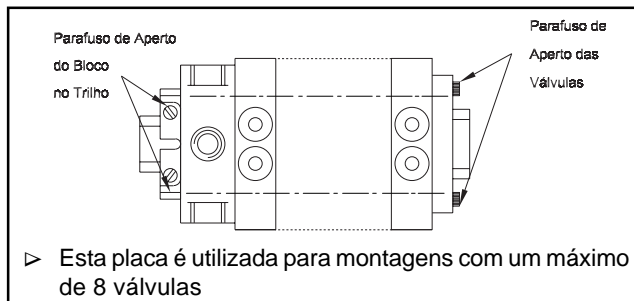
| Rosca | | 1/8" | 1/4" |
|---|---|---|---|
| Tempo de Resposta | Solenóide/Mola | 22 ms | 39 ms |
| | Solenóide/Piloto Diferencial | 23 ms | 42 ms |
| | Solenóide/Solenóide | 12 ms | 17 ms |
| Potência do Solenóide | | 1,2 W (1,2 VA) | 1,2 W (1,2 VA) |
| Frequência Máxima de Funcionamento | Solenóide/Mola | 5 Hz | 5 Hz |
| | Solenóide/Piloto Diferencial | 5 Hz | 5 Hz |
| | Solenóide/Solenóide | 10 Hz | 10 Hz |
| Grau de Proteção | | IP65 | IP65 |
| Atuador Manual do Corpo | Solenóide/Mola | Giratório | Giratório |
| | Solenóide/Piloto Diferencial | Giratório | Giratório |
| | Solenóide/Solenóide | Impulso | Impulso |
| Atuador Manual do Conjunto Solenóide | Solenóide/Mola | Giratório - Com Trava | Giratório - Com Trava |
| | Solenóide/Piloto Diferencial | Giratório - Com Trava | Giratório - Com Trava |
| | Solenóide/Solenóide | Giratório - Com Trava | Giratório - Com Trava |
| Peso | Solenóide/Mola | 0,150 kg | 0,250 kg |
| | Solenóide/Piloto Diferencial | 0,150 kg | 0,250 kg |
| | Solenóide/Solenóide | 0,190 kg | 0,285 kg |
| | Atuador Solenóide | 0,040 kg | 0,040 kg |
| | Conector Elétrico | 0,010 kg | 0,010 kg |

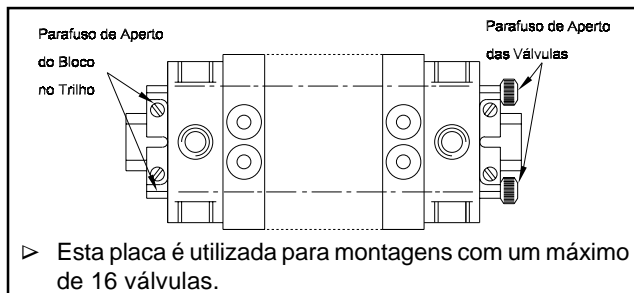
## Montagem

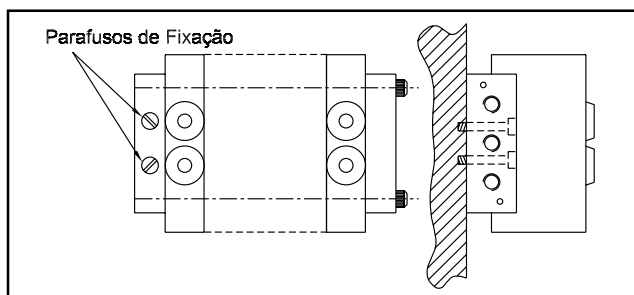
### Procedimento de Montagem Sobre Trilho DIN

- Prender uma das placas laterais de alimentação no trilho, através dos parafusos indicados na figura abaixo.

- Colocar os tirantes em ambos os lados.

- Após os tirantes estarem todos montados, encaixe a outra placa lateral sem apertar os parafusos.

- Montar as válvulas nos tirantes conforme indicado abaixo.

- Apertar os parafusos da placa de alimentação para fixar as válvulas e o bloco no trilho.

## Manifold Montado sobre Trilho DIN

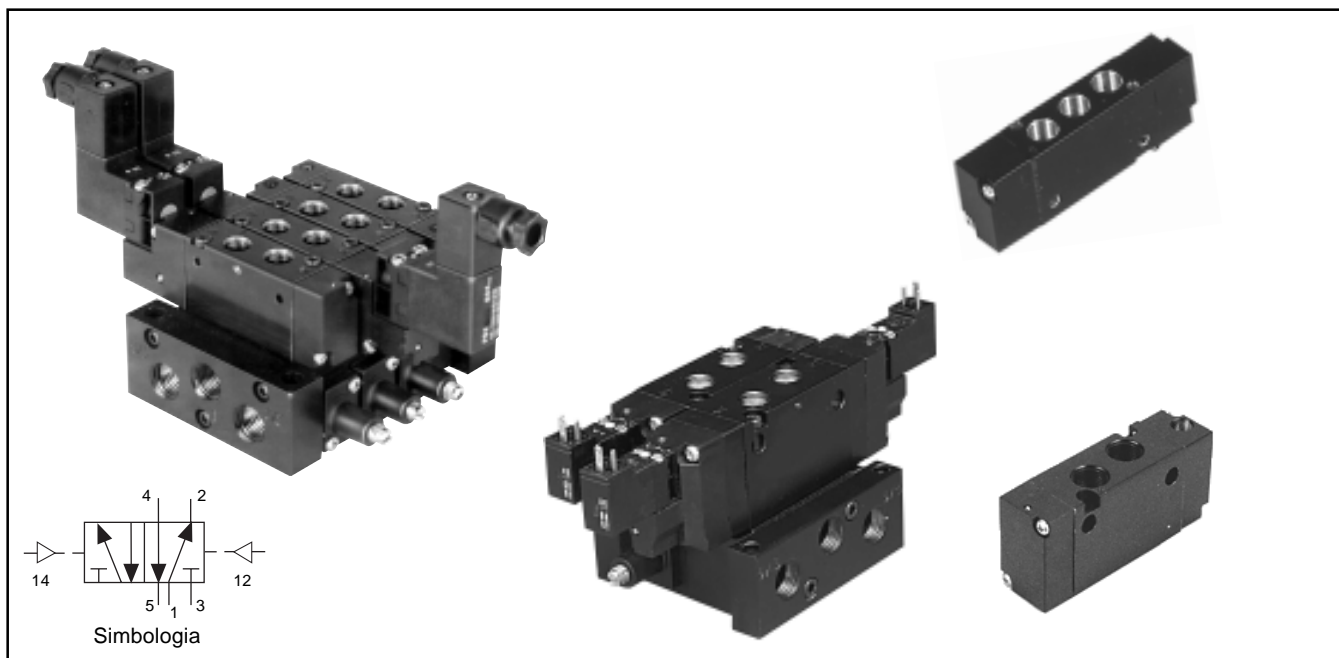
### Placa Lateral com Simples Alimentação

▷ Esta placa é utilizada para montagens com um máximo de 8 válvulas

### Placa Lateral com Dupla Alimentação

▷ Esta placa é utilizada para montagens com um máximo de 16 válvulas.

## Manifold com Fixação Direta

Esta montagem não utiliza perfil, é bastante compacta e indicada para montagens com poucas válvulas (máximo 5 válvulas).

O manifold é preso diretamente através de dois furos de fixação contidos na placa lateral.
As outras operações de montagem são idênticas para válvulas montadas sobre trilho DIN.

## Bloco Manifold

Simbologia

## Descrição

As Válvulas Série B são indicadas para acionar cilindros de simples e dupla ação, assim como qualquer outro sistema pneumático. Esta série de válvulas se apresenta nas versões solenóide ou piloto (2 e 3 posições).
As válvulas simples solenóide/simples piloto atuam através de um sinal elétrico/pneumático contínuo, sendo que as válvulas de duplo solenóide/duplo piloto atuam por meio de sinais alternados, ou seja, uma vez eliminado o sinal elétrico/pneumático a válvula manterá a posição do último sinal, exceto as de 3 posições, onde o sinal deve ser contínuo.
As bobinas desta série de válvulas trabalham com corrente alternada ou contínua, conector elétrico de acordo com a Norma DIN 43650 Forma C, baixa potência, grau de proteção IP65, atuador manual, LED indicador e Supressor de Transientes.

## Montagem

Esta série de válvulas pode trabalhar Inline ou em Manifold Modular, caracterizando grande flexibilidade de montagem com as seguintes vantagens: redução no custo de instalação, economia de espaço, grande flexibilidade de combinações de válvulas, melhoria no layout da instalação, escapes canalizados em ambos os lados do manifold, conservando limpo o local onde for aplicado, os pilotos externos podem ser utilizados em aplicações com baixa pressão ou vácuo.

## Lubrificação

As válvulas são fornecidas pré-lubrificadas, sendo que, normalmente, não é necessária lubrificação adicional. Caso seja aplicada deverá ser mantida em regime contínuo através de um lubrificador de linha.

## Características Técnicas

| | |
|---|---|
| **Vias/Posições** | 5/2 e 5/3 |
| **Conexão** | 1/8", 1/4" e 3/8" NPT ou G |
| **Tipo Construtivo** | Spool |
| **Vazão e Cv** | Vide Informações Adicionais |
| **Grau de Proteção do Solenóide** | IP 65 |
| **Faixa de Temperatura** | -10°C a +50°C |
| **Faixa de Pressão** (bar) ***** | 1,4 a 10 (5/2) 2,1 a 10 (5/3) |
| **Pressão Mínima de Pilotagem (bar) **** | 1,4 (5/2) 2,1 (5/3) |
| **Fluido** | Ar Comprimido Filtrado, Lubrificado ou Não |

***** As válvulas podem operar com pressões inferiores ou vácuo, com o suprimento externo do piloto.
****** A pressão de pilotagem deve ser igual ou superior à pressão de alimentação, porém nunca inferior a 1,4 bar nas válvulas de duas posições (2,1 bar para 3 posições) ou superior a 10 bar para ambos os tipos de válvulas.

## Materiais

| Corpo do Piloto | Alumínio/Acetal |
|---|---|
| **Elementos de Pilotagem da Válvula** | Acetal e Poliamida |
| **Vedações** | Borracha Nitrílica |

| Parafusos/Mola | Aço |
|---|---|
| **Corpo da Válvula** | Alumínio |
| **Elementos do Corpo da Válvula** | Alumínio e Borracha Nitrílica |

## Vazão (Pressão Primária 7 bar)

| Versão | B3 | | B4 | | B5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5/2 vias | 5/3 vias | 5/2 vias | 5/3 vias | 5/2 vias | 5/3 vias |
| l/min | 1189 | 951 | 1712 | 1712 | 2220 | 1744 |
| Cv | 0,75 | 0,6 | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 1,1 |

### Manifold Modular

O sistema de manifold modular da Série B permite a montagem de diversas válvulas em um único conjunto. Cada conjunto possui um orifício de alimentação comum para todas as válvulas, dois orifícios de escapes comuns e orifícios de utilização disponíveis individualmente (orifícios 2 e 4).

Válvula Simples Solenóide
Válvula Duplo Solenóide
Caixa de Ligação Tipo Plug-In (Solicitar em Separado)
Válvula Simples Piloto
Válvula Duplo Piloto
Solenóide Norma DIN 43650
Base com Controle de Fluxo Integrado
Parafuso de Fixação da Válvula à Sub-Base
Placa Lateral
Parafuso de Fixação da Placa Lateral à Sub-Base

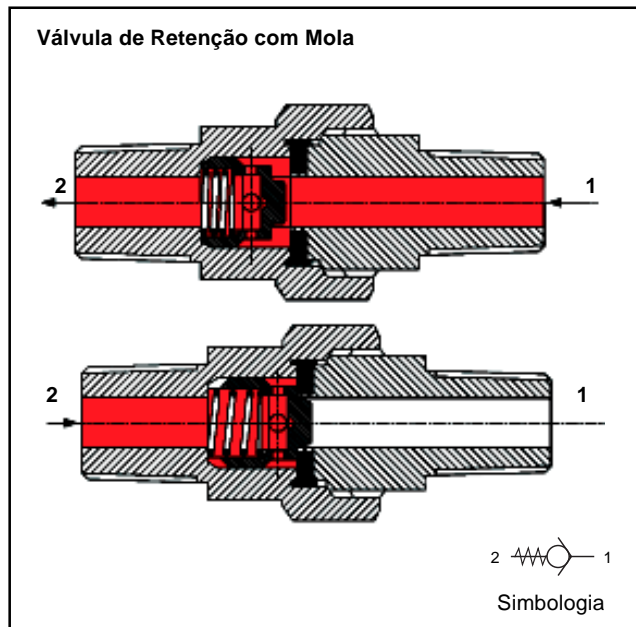
Válvula Duplo Piloto
Válvula Duplo Solenóide
Placa Lateral
Parafuso de Fixação da Válvula à Sub-Base
Válvula Simples Solenóide
Tirante
Vedação
Base sem Controle de Fluxo Integrado
Vedação
Tirante
Vedação
Vedação
Base sem Controle de Fluxo Integrado
Tirante
Vedação
Parafuso de Fixação da Placa Lateral à Sub-Base
Base com Controle de Fluxo Integrado
Placa Lateral

# 6. Elementos Auxiliares

Impedem o fluxo de ar comprimido em um sentido determinado, possibilitando livre fluxo no sentido oposto.

## Tipos de Válvulas de Bloqueio

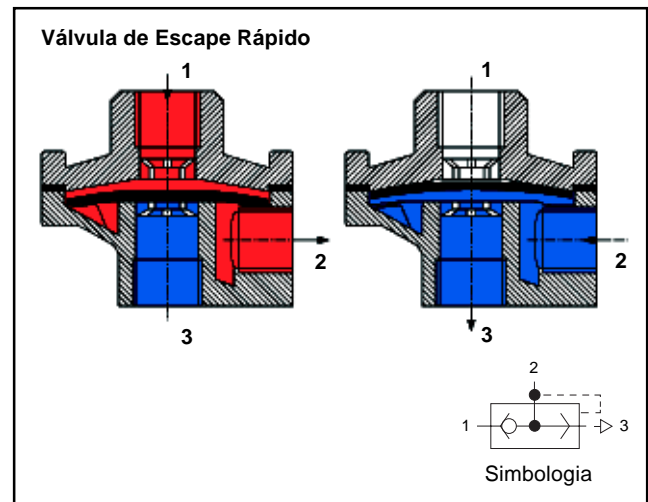
## Válvula de Retenção com Mola

Um cone é mantido inicialmente contra seu assento pela força de uma mola.
Orientando-se o fluxo no sentido favorável de passagem, o cone é deslocado do assento, causando a compressão da mola e possibilitando a passagem do ar.
A existência da mola no interior da válvula requer um maior esforço na abertura para vencer a contra-pressão imposta.
Mas nas válvulas, de modo geral, esta contrapressão é pequena, para evitar o máximo de perda, razão pela qual não devem ser substituídas aleatoriamente.

As válvulas de retenção geralmente são empregadas em automatização de levantamento de peso, em lugares onde um componente não deve influir sobre o outro, etc.

## Válvula de Retenção sem Mola

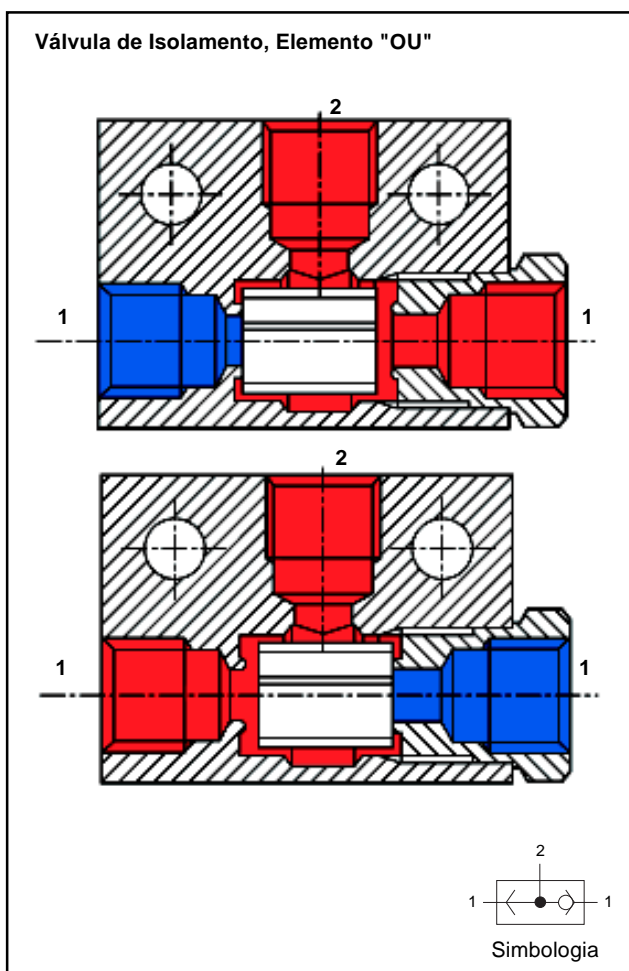
É outra versão da válvula de retenção citada anteriormente. O bloqueio, no sentido contrário ao favorável, não conta com o auxílio de mola. Ele é feito pela própria pressão de ar comprimido.

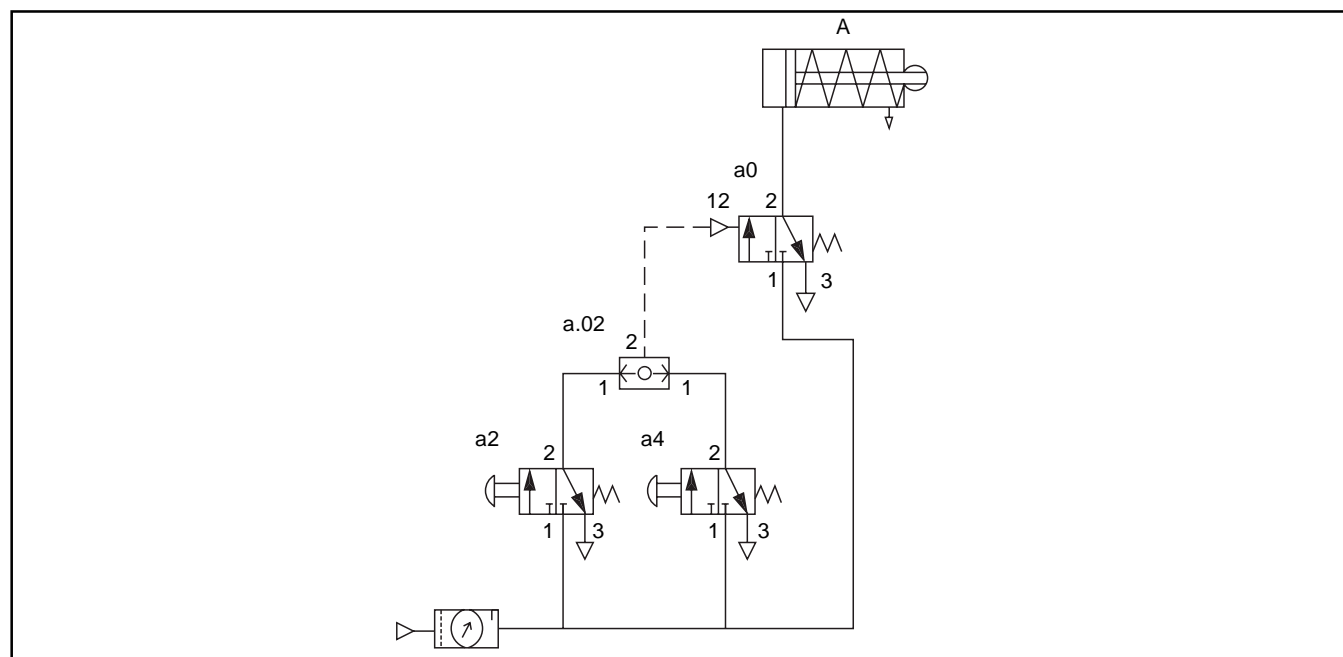
## Válvula de Escape Rápido

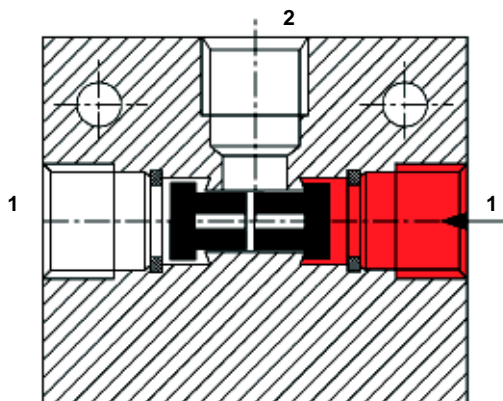
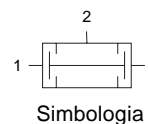
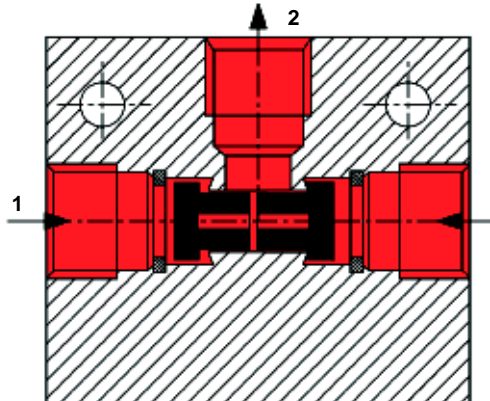
Quando se necessita obter velocidade superior àquela normalmente desenvolvida por um pistão de cilindro, é utilizada a válvula de escape rápido.
Para um movimento rápido do pistão, o fator determinante é a velocidade de escape do ar contido no interior do cilindro, já que a pressão numa das câmaras deve ter caído apreciavelmente, antes que a pressão no lado oposto aumente o suficiente para ultrapassá-la, além de impulsionar o ar residual através da tubulação secundária e válvulas.
Utilizando-se a válvula de escape rápido, a pressão no interior da câmara cai bruscamente; a resistência oferecida pelo ar residual (que é empurrado) é reduzidíssima e o ar flui diretamente para a atmosfera, percorrendo somente um niple que liga a válvula ao cilindro. Ele não percorre a tubulação que faz a sua alimentação.

Alimentada pela válvula direcional que comanda o cilindro, o ar comprimido proveniente comprime uma membrana contra uma sede onde se localiza o escape, libera uma passagem até o ponto de utilização e atua em sua parte oposta, tentando deslocá-la da sede inutilmente, pois uma diferença de forças gerada pela atuação da mesma pressão em áreas diferentes impede o deslocamento.
Cessada a pressão de entrada, a membrana é deslocada da sede do escape, passando a vedar a entrada.

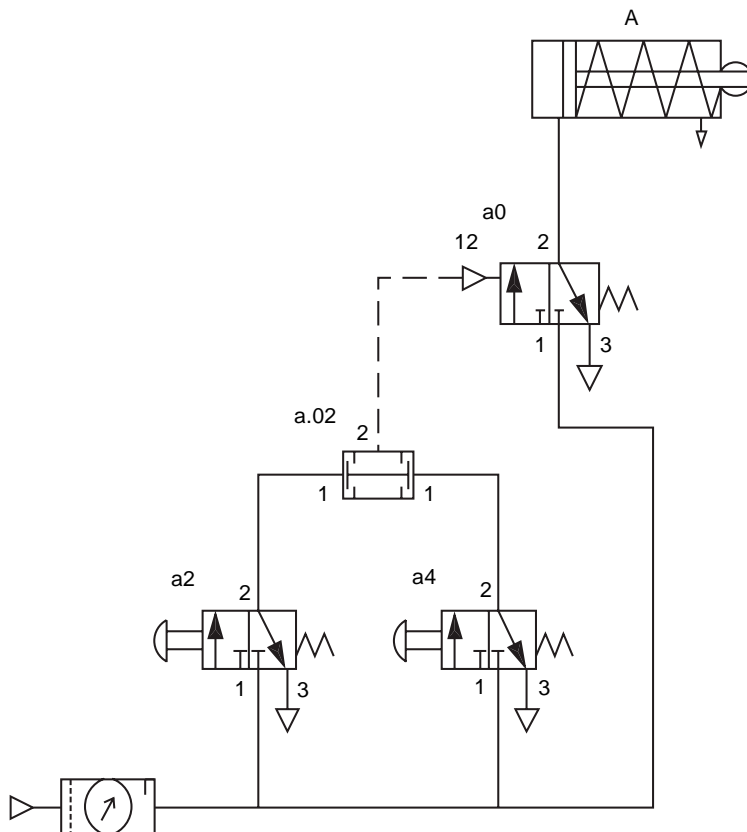
Esta movimentação é causada pelo ar contido na câmara do cilindro, que influencia a superfície inferior em relação à entrada e a desloca, pois não encontra a resistência superior oferecida pela pressão.
Com o deslocamento da membrana, o escape fica livre e o ar é expulso rapidamente, fazendo com que o pistão adquira alta velocidade.
Os jatos de exaustão são desagradavelmente ruidosos. Para se evitar a poluição sonora, devem ser utilizados silenciadores.

## Válvula de Isolamento (Elemento OU)

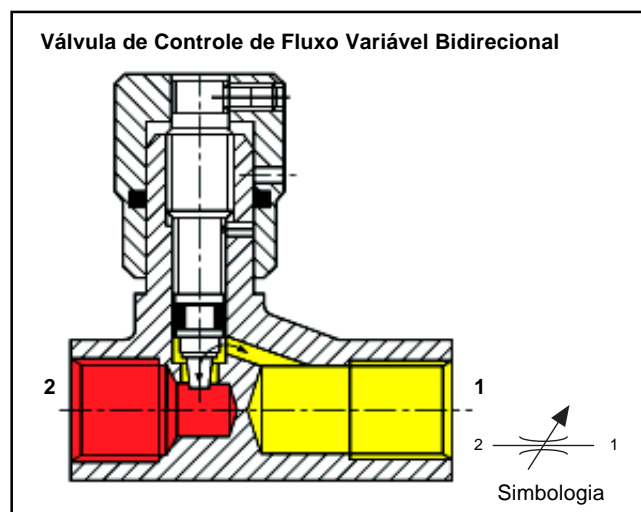
Dotada de três orifícios no corpo: duas entradas de pressão e um ponto de utilização.
Enviando-se um sinal por uma das entradas, a entrada oposta é automaticamente vedada e o sinal emitido flui até a saída de utilização.
O ar que foi utilizado retorna pelo mesmo caminho. Uma vez cortado o fornecimento, o elemento seletor interno permanece na posição, em função do último sinal emitido.
Havendo coincidência de sinais em ambas as entradas, prevalecerá o sinal que primeiro atingir a válvula, no caso de pressões iguais. Com pressões diferentes, a maior pressão dentro de uma certa relação passará ao ponto de utilização, impondo bloqueio na pressão de menor intensidade. Muito utilizada quando há necessidade de enviar sinais a um ponto comum, proveniente de locais diferentes no circuito.

**Exemplo de Aplicação de uma Válvula de Isolamento**

**Comandar um Cilindro de Dois Pontos Diferentes**

## Válvula de Simultaneidade (Elemento E)

Assim como na válvula de isolamento, também possui três orifícios no corpo. A diferença se dá em função de que o ponto de utilização será atingido pelo ar, quando duas pressões, simultaneamente ou não, chegarem nas entradas. A que primeiro chegar, ou ainda a de menor pressão, se autobloqueará, dando passagem para o outro sinal. São utilizadas em funções lógicas “E”, bimanuais simples ou garantias de que um determinado sinal só ocorra após, necessariamente, dois pontos estarem pressurizados.

**Exemplo de Aplicação de uma Válvula de Simultaneidade**

**Comandar um Cilindro de Forma Bimanual**

## Válvulas de Controle de Fluxo

Em alguns casos, é necessária a diminuição da quantidade de ar que passa através de uma tubulação, o que é muito utilizado quando se necessita regular a velocidade de um cilindro ou formar condições de temporização pneumática. Quando se necessita influenciar o fluxo de ar comprimido, este tipo de válvula é a solução ideal, podendo ser fixa ou variável, unidirecional ou bidirecional.

Válvula de Controle de Fluxo Variável Bidirecional

## Válvula de Controle de Fluxo Variável Bidirecional

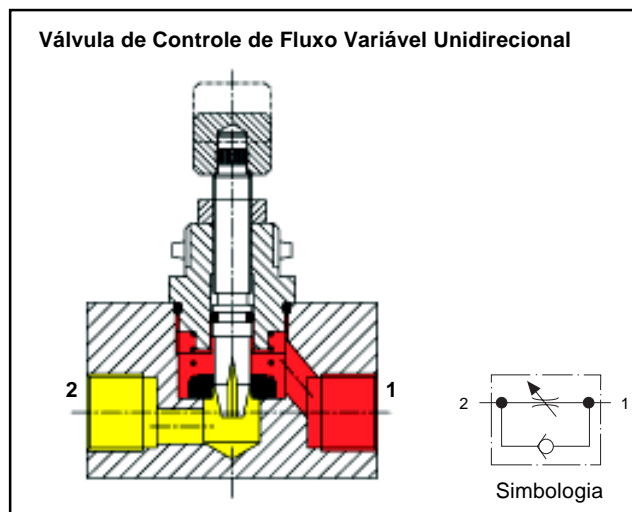
Muitas vezes, o ar que passa através de uma válvula controladora de fluxo tem que ser variável conforme as necessidades.
Observe-se a figura, a quantidade de ar que entra por 1 ou 2 é controlada através do parafuso cônico, em relação à sua proximidade ou afastamento do assento. Consequentemente, é permitido um maior ou menor fluxo de passagem.

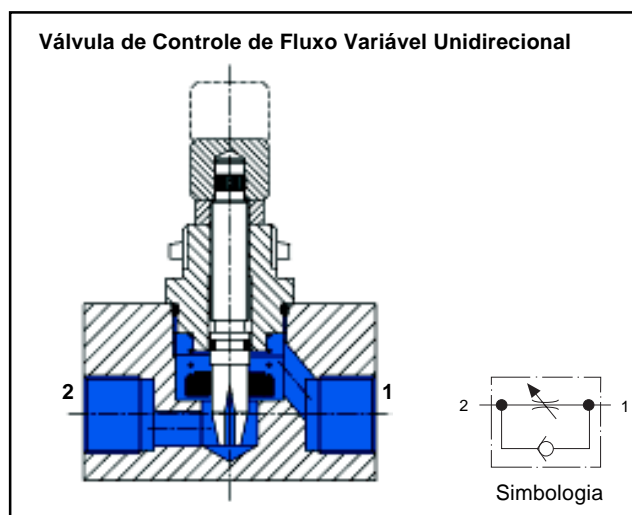
## Válvula de Controle de Fluxo Unidirecional

Algumas normas classificam esta válvula no grupo de válvulas de bloqueio por ser híbrida, ou seja, num único corpo unem-se uma válvula de retenção com ou sem mola e em paralelo um dispositivo de controle de fluxo, compondo uma válvula de controle unidirecional.

Possui duas condições distintas em relação ao fluxo de ar:

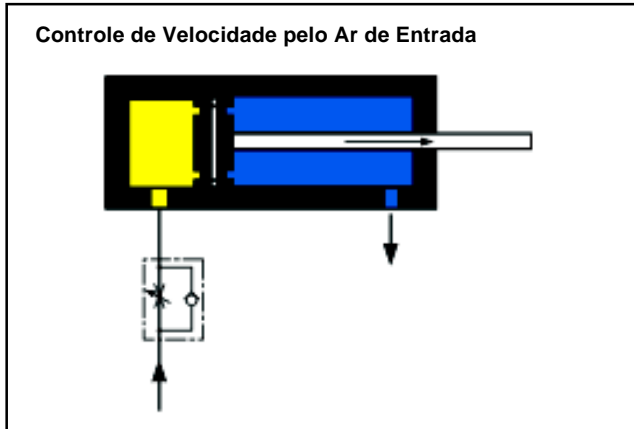
- **Fluxo Controlado** - em um sentido pré-fixado, o ar comprimido é bloqueado pela válvula de retenção, sendo obrigado a passar restringido pelo ajuste fixado no dispositivo de controle.

Válvula de Controle de Fluxo Variável Unidirecional

- **Fluxo Livre** - no sentido oposto ao mencionado anteriormente, o ar possui livre vazão pela válvula de retenção, embora uma pequena quantidade passe através do dispositivo, favorecendo o fluxo.

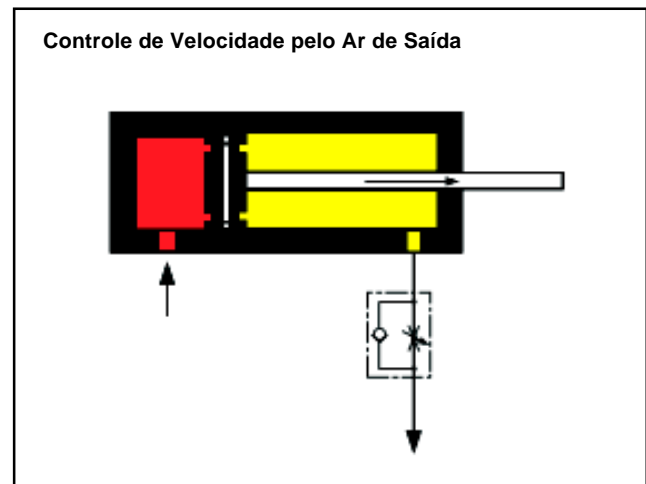
Válvula de Controle de Fluxo Variável Unidirecional

Estando o dispositivo de ajuste totalmente cerrado, esta válvula passa a funcionar como uma válvula de retenção.
Quando se desejam ajustes finos, o elemento de controle de fluxo é dotado de uma rosca micrométrica que permite este ajuste.

## Controle de Velocidade de um Cilindro

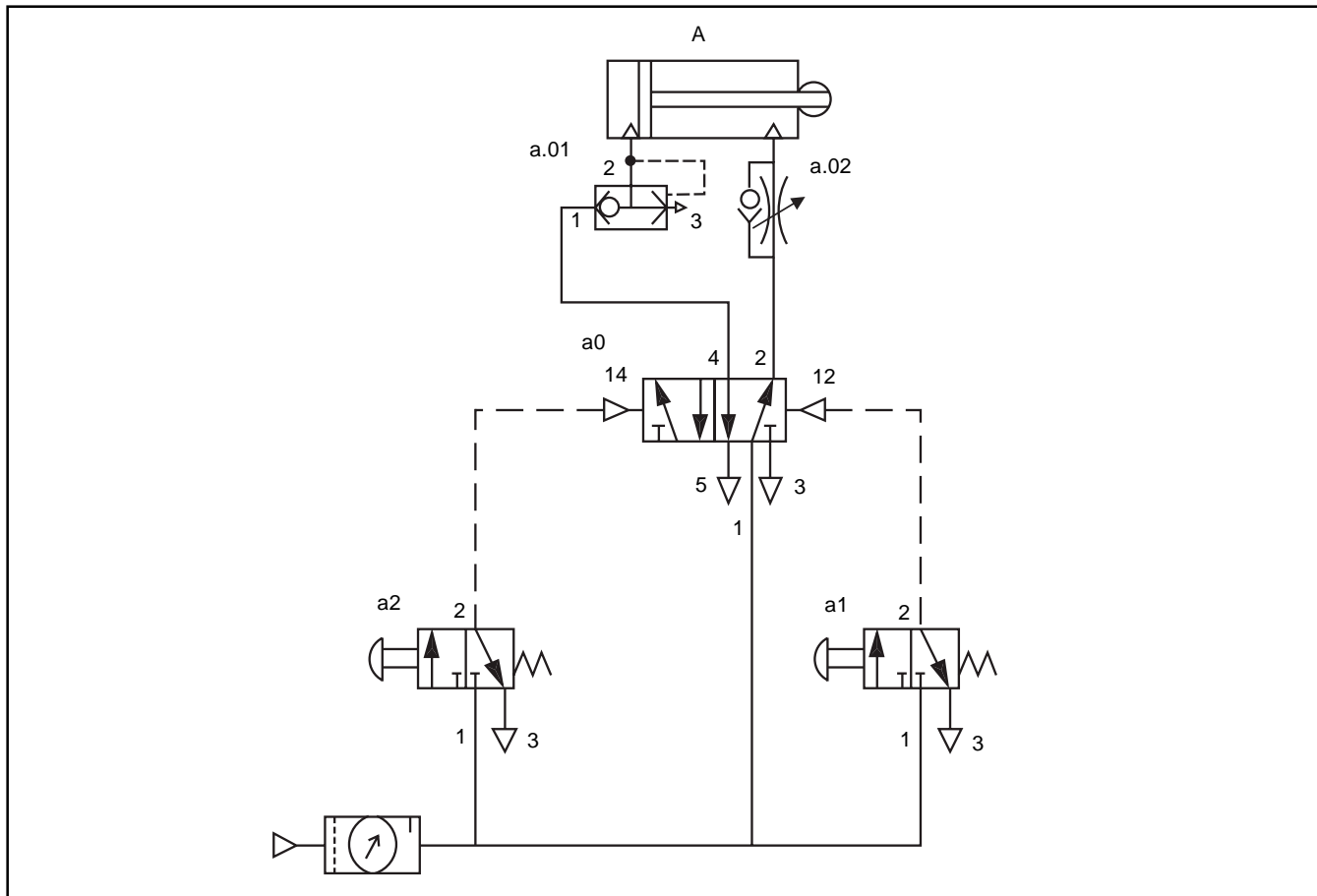
**• Controle de Velocidade pelo Ar de Entrada**

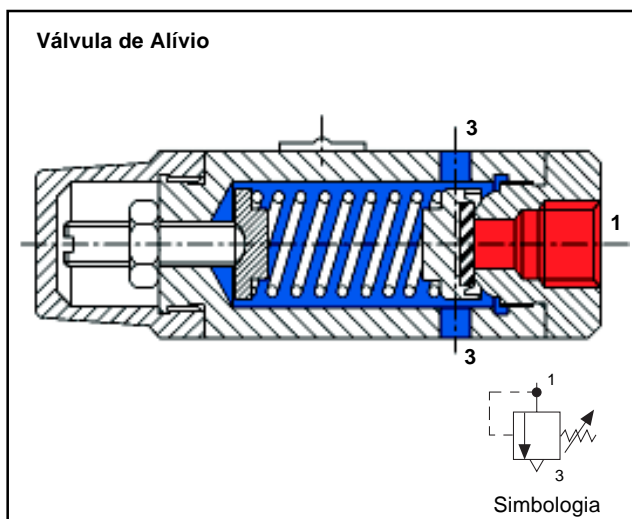
O deslocamento do pistão num cilindro ocorre em função da vazão de alimentação. É intuitivo, portanto, que para se poder controlar a velocidade de deslocamento é necessário influenciar a vazão. Neste método, o fluxo de alimentação do equipamento de trabalho é controlado, enquanto que o ar contido no seu interior é expulso livremente para a atmosfera.

A entrada pode ser restringida através de uma válvula de controle de fluxo. A pressão na câmara (1) aumentará até o valor necessário para vencer as resistências impostas ao movimento e deslocar o pistão. Com o avanço, a câmara (1) aumenta de volume e, como conseqüência, a pressão diminui, impedindo o avanço do pistão por falta de força. Após um curto período de parada, a pressão atinge o valor requerido para o movimento. Novo avanço é efetuado, cai a pressão… e assim sucessivamente até o término do curso. Num cilindro posicionado horizontalmente, que empurra uma carga, com o controle na entrada, ao ser comandado, o pistão começa a se mover e inicia o avanço com velocidade mais ou menos constante, determinada pela vazão do ar. Quando aparece uma resistência extra, o pistão reduz a velocidade ou pára, até que a pressão cresça o suficiente para vencê-la. Se a resistência for removida, o pistão acelerará ou mesmo saltará subitamente para frente. Além do que, se uma carga possuir movimento no mesmo sentido do pistão, provocará uma aceleração, impondo uma velocidade acima da ajustada. Este modo de controle de velocidade determinará um movimento irregular do pistão, geralmente prejudicial ao excelente funcionamento do equipamento. O controle de entrada é empregado em casos excepcionais, como por exemplo nos cilindros de S.A. ou ainda em um cilindro posicionado na vertical, onde as condições são diferentes. A resistência resultará principalmente de um peso à força de mola e não de fricção da carga. Neste caso, uma certa quantidade de contrapressão será benéfica e melhores resultados serão obtidos se for utilizado o controle de entrada.

**• Controle de Velocidade pelo Ar de Saída**

De tudo o que foi mencionado sobre o controle de velocidade pela entrada do ar, viu-se que a tendência para uniformidade da velocidade de deslocamento depende, principalmente, da variação da força resistente. É necessário encontrar o método para fazer com que esta força seja a mais uniforme possível.
São requeridos, no campo industrial, valores na precisão de deslocamento cada vez mais constantes. Sem um grau de precisão exato, pensou-se em utilizar o sistema de controle de velocidade, influenciando-se assim o fluxo de saída do cilindro. Seu princípio consiste em efetuar o controle de fluxo somente na saída do ar contido no cilindro, enquanto a câmara oposta recebe fluxo livre. Controlando o ar na saída do cilindro, é possível eliminar o movimento irregular do pistão. O ar comprimido entra na câmara (1) com toda a intensidade de pressão, exercendo força sobre o êmbolo (2). O ar confinado na câmara (3), escapará pela válvula de controle de fluxo, determinando, assim, um avanço com velocidade mais uniforme que o método anterior. Isto é conseguido porque o êmbolo é

mantido entre os dois volumes de ar comprimido, o de entrada (câmara 1) e o que está saindo (câmara 3), formando uma contrapressão e oferecendo uma resistência contínua ao movimento. Deve ser lembrado ainda que a força oferecida pelo atrito estático é maior que a força oferecida pelo atrito dinâmico (Fate>Fatd). Mais uma razão para se efetuar o controle da saída do ar na câmara (3) para que, quando a pressão do ar vencer as forças resistentes, a haste do cilindro não sofra um impulso repentino e se desloque normalmente.

### Exemplo de Aplicação de uma Válvula de Controle de Fluxo e Escape Rápido

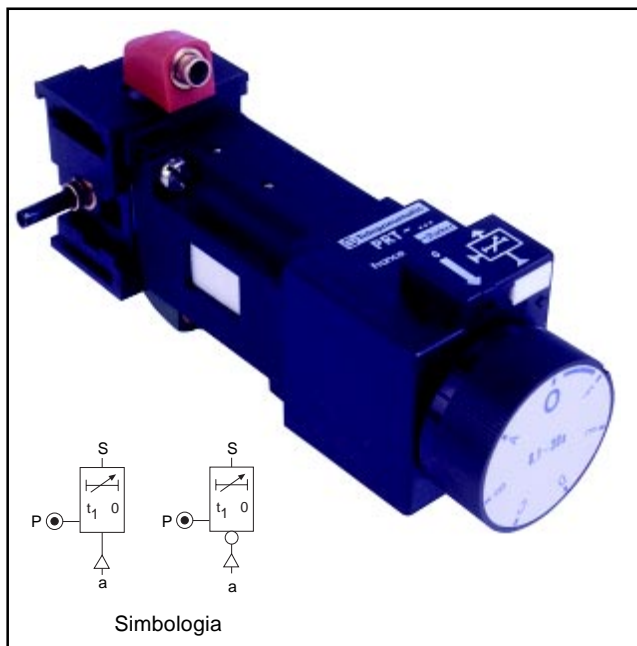
### Comandar um Cilindro com Avanço Lento e Retorno Acelerado

## Válvulas de Controle de Pressão

Têm por função influenciar ou serem influenciadas pela intensidade de pressão de um sistema.

## Tipos de Válvulas de Controle de Pressão

## Válvula de Alívio

Limita a pressão de um reservatório, compressor, linha de pressão, etc., evitando a sua elevação além de um ponto ideal admissível.
Uma pressão predeterminada é ajustada através de uma mola calibrada, que é comprimida por um parafuso, transmitindo sua força sobre um êmbolo e mantendo-o contra uma sede.
Ocorrendo um aumento de pressão no sistema, o êmbolo é deslocado de sua sede, comprimindo a mola e permitindo contato da parte pressurizada com a atmosfera através de uma série de orifícios por onde é expulsa a pressão excedente.
Alcançando o valor de regulagem, a mola recoloca automaticamente o êmbolo na posição inicial, vedando os orifícios de escape.

## Temporizador Pneumático

Simbologia

Este temporizador permite o retardo de um sinal pneumático; um período de tempo ajustável que passa entre o aparecimento do sinal de controle pneumático e o sinal de saída. O ajuste é através da rotação do botão graduado, a faixa de ajuste é completada por uma revolução completa do botão.

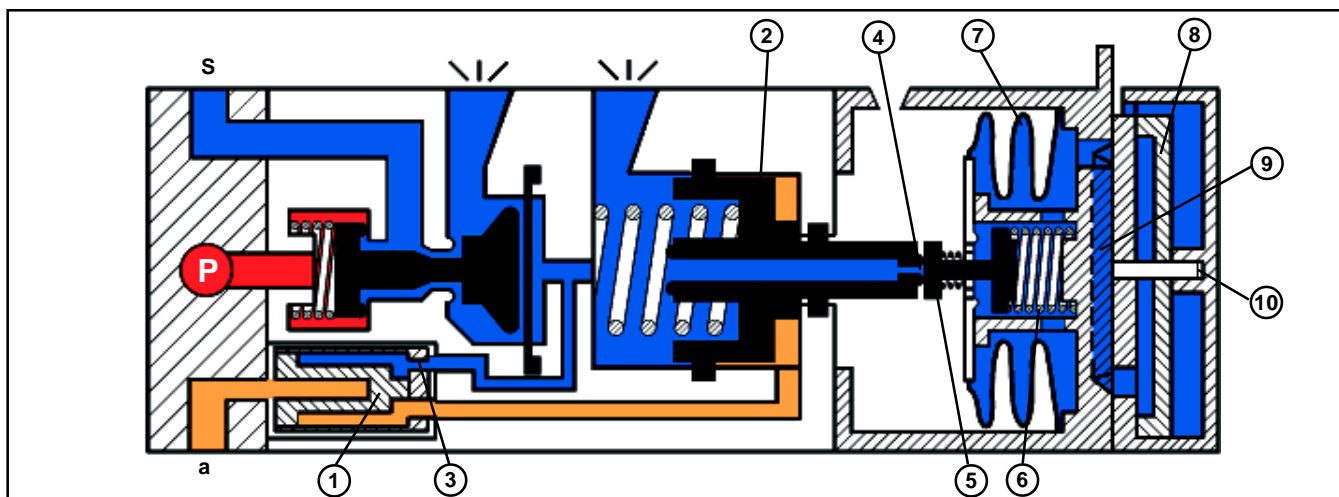
**Faixas de ajuste de Temporização:** 0 a 3 s
0 a 30 s
0 a 180 s

## Funcionamento

O funcionamento é totalmente pneumático. O ar usado para a função de retardo é atmosférico e não ar de suprimento. Desta maneira, o retardo não é variado de acordo com a pressão, temperatura, umidade ou por impurezas no ar comprimido.
Há Temporizador NF (Normal Fechado) e NA (Normal Aberto).

## Descrição de Funcionamento de um Temporizador NF

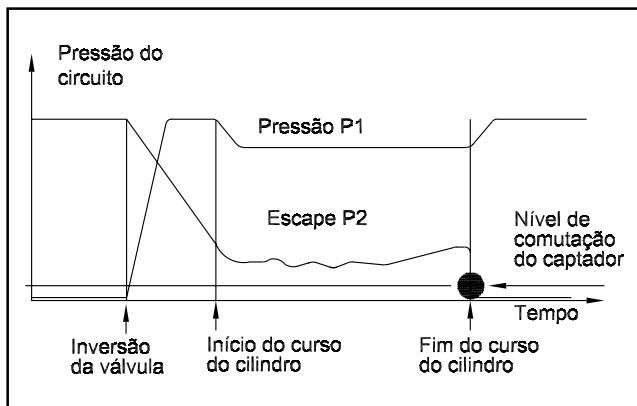
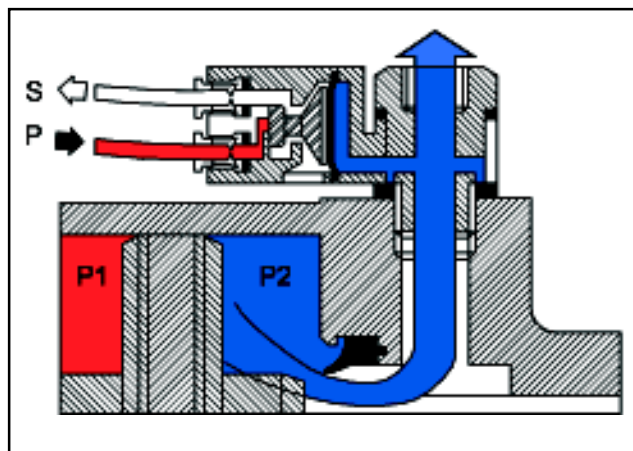
O início da temporização se dá quando houver um sinal de controle na sub-base, este passa pelo filtro 1 e atua no pistão 2, o mesmo se retrai e inicia a temporização. No mesmo tempo, o sinal de controle passa pelo giclê 3 e entra em exaustão pelo orifício sensor 4.
Na temporização, o elemento de retardo pneumático que está apoiado no pistão 2 é liberado, transmitindo este mesmo movimento para a válvula poppet 5, ocorrendo uma movimentação do conjunto correspondente à regulagem requerida de temporização.
Após o fechamento da válvula poppet 5, a mola 6 causa a expansão do diafragma 7, aspirando ar atmosférico através do filtro 8 e do canal circular 9. Dependendo do ângulo x ajustado no botão de regulagem 10, este caminho pode ser curto ou longo, dependendo desta forma do ajuste feito.
**Se o ajuste do ângulo x é pequeno, a temporização é curta.**
**Se o ajuste do ângulo x for grande, a temporização é longa.**

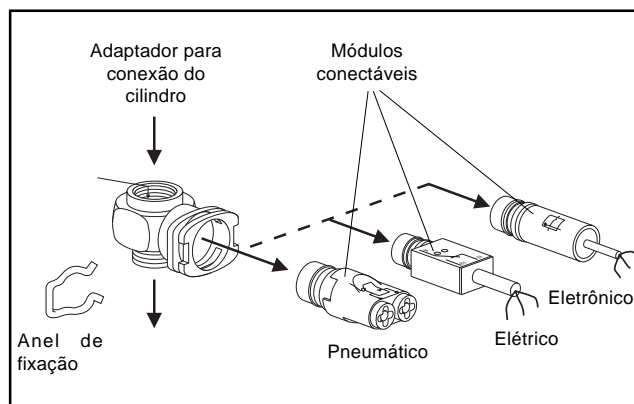
No final da temporização a válvula poppet 5 volta a bloquear a exaustão do orifício sensor 4, que causa a mudança de estado e fechamento da temporização. Por este motivo o suprimento de pressão P é fechado, não havendo mais sinal de saída em S. Com o desaparecimento do sinal em "a" ocorre o RESET (reajuste) do componente, provocando mudança de condição do temporizador e então removendo o sinal de saída.

## Captador de Queda de Pressão (Sensor de Queda de Pressão)

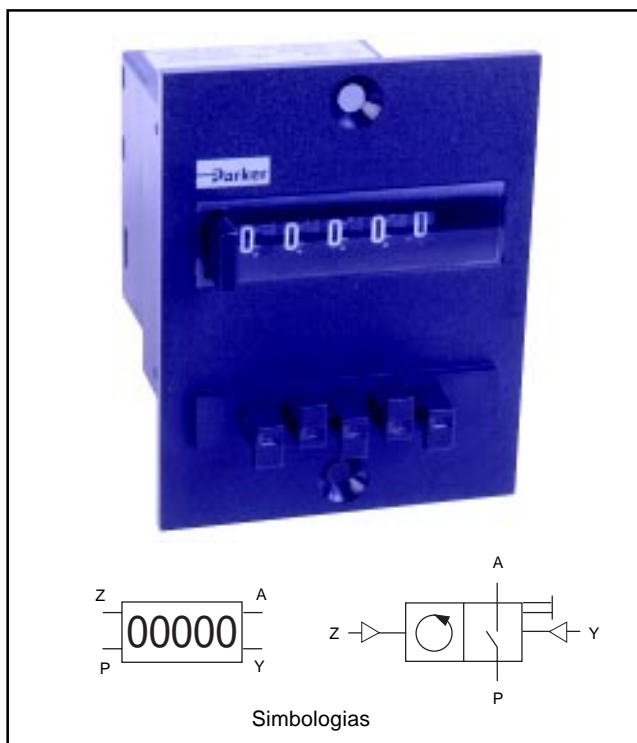
Simbologia

Instalado diretamente nos pórticos dos cilindros, estes sensores enviam um sinal pneumático quando o cilindro está estendido em seu fim de curso.
São muito simples de ser usar, não necessitam de um came mecânico para a sua atuação e liberam um sinal que pode ser usado diretamente.

**Obervação:** O sensor enviará um sinal de saída só quando o cilindro estiver totalmente avançado.

## Funcionamento

A velocidade do cilindro depende do fluxo de exaustão que é controlado por um regulador de velocidade. Existe a presença de uma pressão de retorno na exaustão, que cai quando o êmbolo alcança seu fim de curso. Por intermédio de um diafragma, o contato do captador de queda de pressão comuta e transmite a pressão P do sinal de entrada para o sinal de saída S.
Este sensor é também usado para detectar fins de movimento de cilindros.
Exemplo: cilindro de fixação.

## Composição

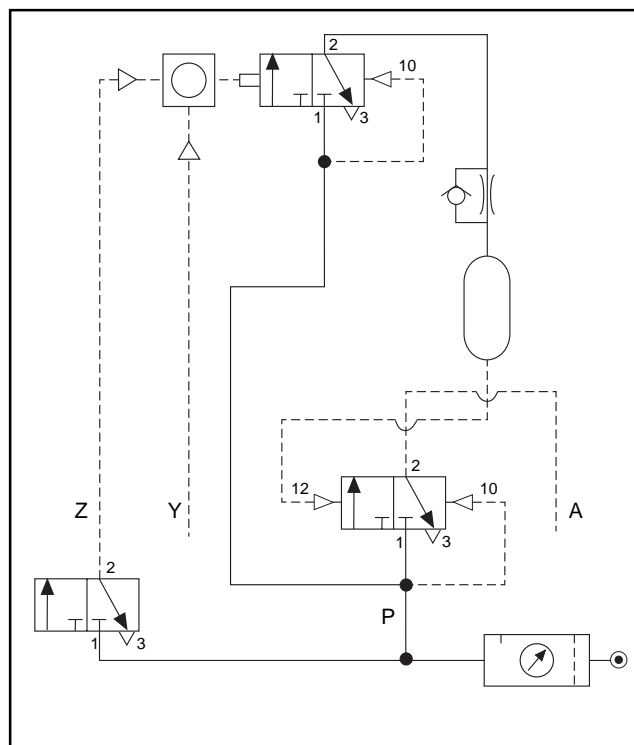
São Modulares: o mesmo banjo se adapta e pode ser usado com outros módulos de detecção, como os de saída de sinal pneumático, elétrico e eletrônico, o qual possibilita o uso destes sensores em sistemas totalmente automatizados pneumático ou eletropneumático.

## Contador Predeterminador Pneumático

Simbologias

P = Alimentação
A = Saída de Sinal
Z = Contagem
Y = Reset

São usados para controle e monitoramento de operações seqüenciais capazes de demonstrar números precisos em circuitos pneumáticos, sistemas ou equipamentos.
Após a contagem de passos demonstrará o número pré-ajustado, o qual pode representar um número de itens ou um número de ciclos de operação, e o mesmo emitirá um sinal pneumático de saída, que é usado para iniciar o próximo seguimento do processo ou operação.
O valor pré-ajustado pode ser selecionado entre 1 e 99.999.

## Princípio de Trabalho

O Contador Pneumático consiste de um sistema de acionamento mecânico, um sistema mecânico de dígitos circular e uma chave limite pneumática.
Os pulsos de contagem para o contador são pneumáticos (ar comprimido) que vêm de uma fonte de informações.
A conexão Z é usada como mecanismo alimentador de pulsos de ar comprimido para o pistão do sistema de acionamento. A haste deste pistão realiza a contagem de peças através de um contato livre de um oscilador.

Cada pulso de ar comprimido causa o acionamento do oscilador que move a unidade de dígitos circular pela metade de um dígito e no mesmo instante tensiona uma mola. Isso ocorre durante o período de baixa pressão, após o pulso, e em seguida move a próxima metade da unidade de dígito circular, completando o passo.

## Sinal de Saída

O sinal de saída é enviado quando a pressão que está aplicada na conexão P é interligada com a conexão A, isto ocorre quando a contagem pré-ajustada é alcançada, e o Reset não foi acionado.

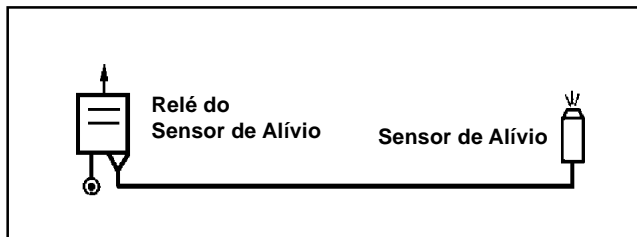
## Reset

Pode ser feito o Reset do contador através do botão de Reset Manual ou aplicando-se um sinal pneumático na conexão Y.

## Sensor de Alívio (Bleed Sensor)

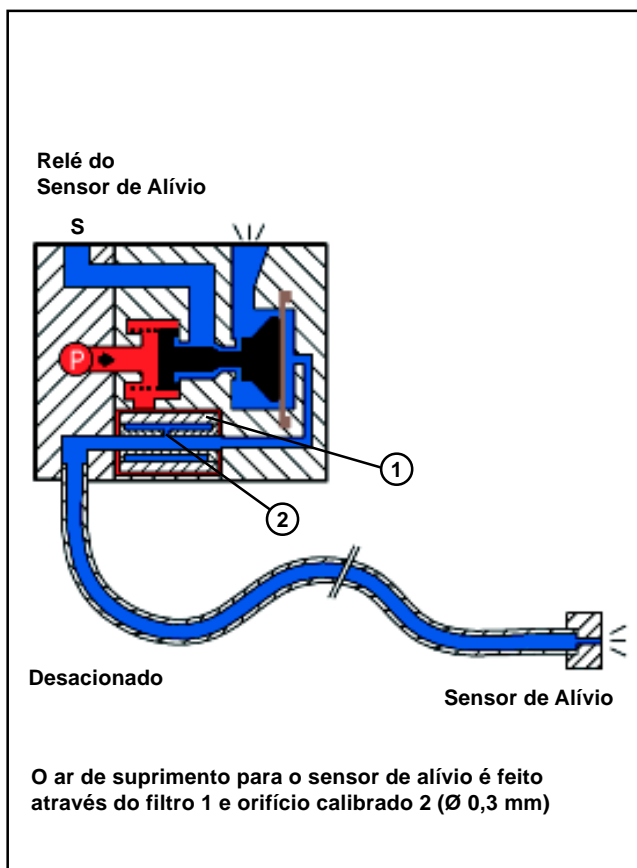
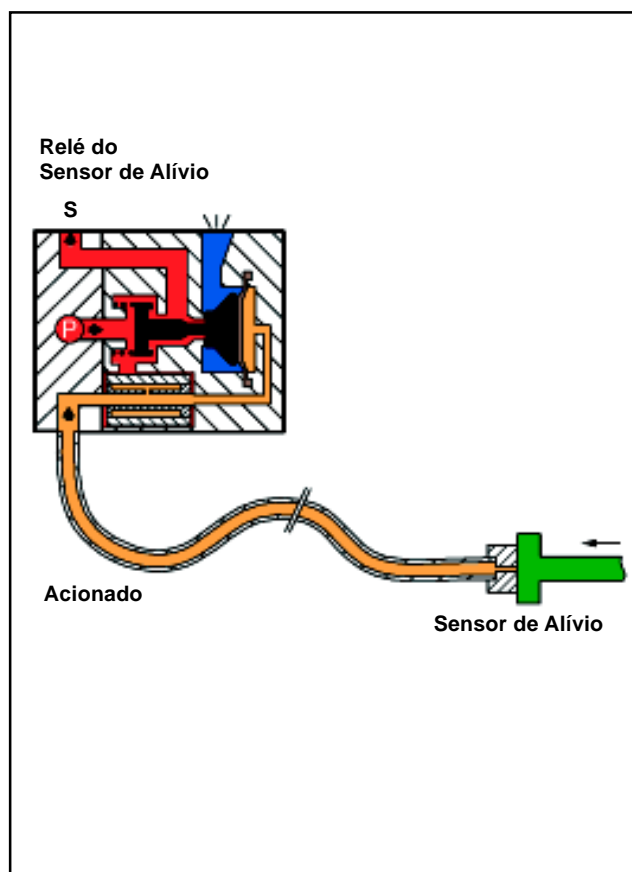
Os sensores de alívio habilitam sinais com pequenas forças de atuação, pequenas distâncias de envio de sinal através de contato mecânico.
Requerem um tubo para conexão, são sinais de conectar e instalar.

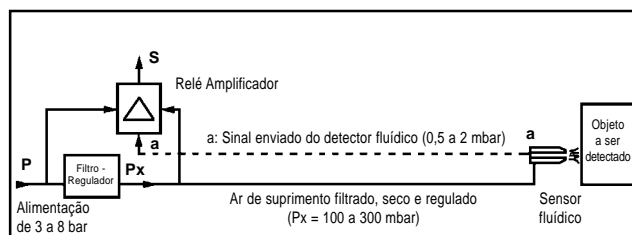
## Operação

É projetado para operar em conjunto com um relé de sensor de alívio.
O sensor recebe ar de suprimento de baixa taxa de fluxo deste relé.

No estado de repouso, o sensor de alívio está aberto, e o ar de suprimento está em exaustão.
No funcionamento o sensor está bloqueado, a pressão se eleva imediatamente no tubo de conexão do relé do sensor e o mesmo abre, emitindo um sinal de saída.

## Relé do Sensor de Alívio

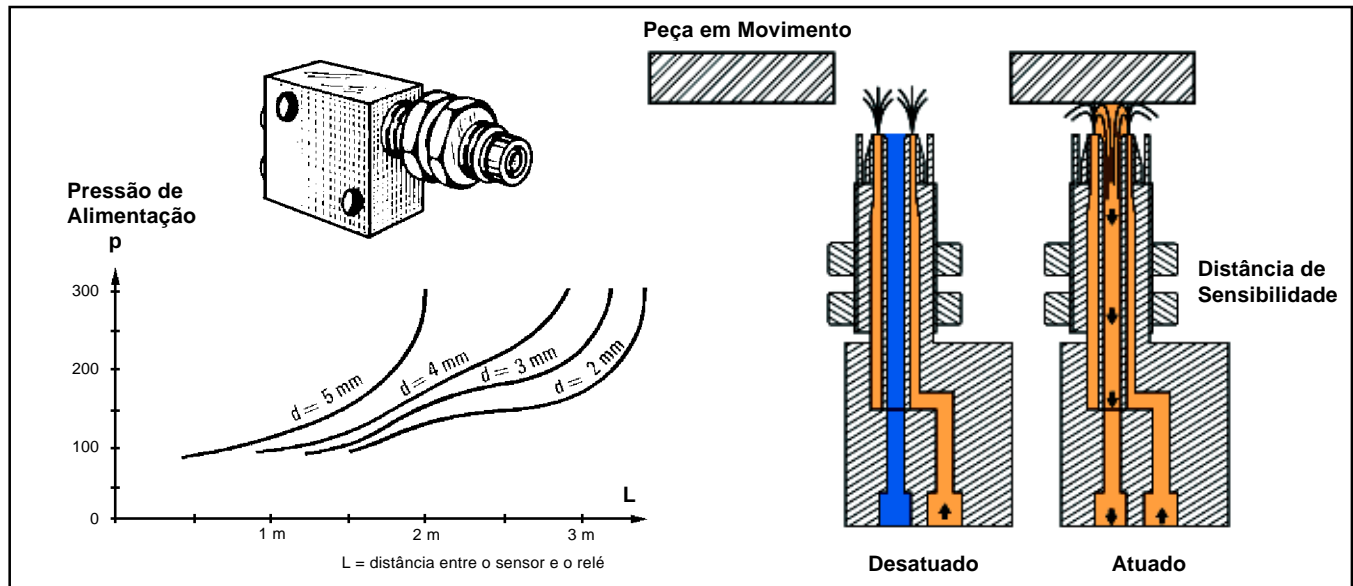
Este relé é usado para alimentar um sensor de alívio e para desenvolver um sinal pneumático, em relação ao fechamento do sensor de alívio.

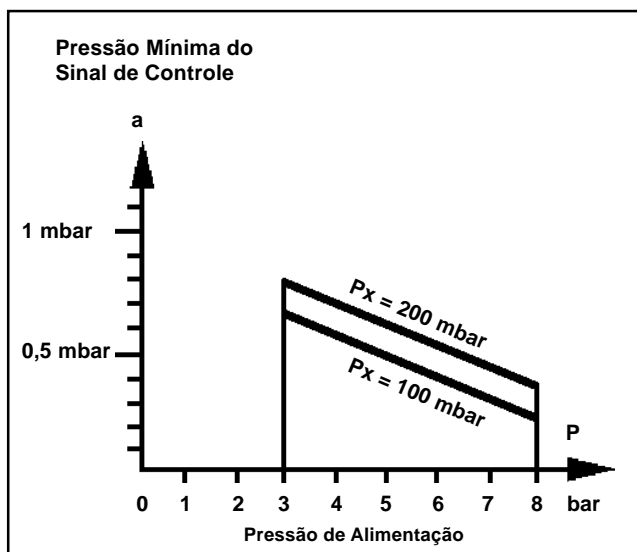
**O ar de suprimento para o sensor de alívio é feito através do filtro 1 e orifício calibrado 2 (Ø 0,3 mm)**

## Sensor Fluídico de Proximidade

O sensor fluídico de proximidade trabalha sem contato mecânico, detectando a presença ou passagem de algum objeto.

## Características de Funcionamento

Projetado para operar em conjunto com um relé de amplificação de sinal, um detector fluídico de proximidade e fornecedor de uma pressão P (100 a 300 mbar) o qual também alimenta o relé amplificador.
No detector, o ar à pressão P é distribuído em um fluxo de forma anelar que é capaz de refletir com a presença de algum objeto, e criar um sinal de saída ao qual o relé de amplificação amplia a uma pressão industrial (3 a 8 bar) para fornecer o sinal S.

A pressão mínima P a ser usada depende da distância de detecção D e da distância L entre o detector e o relé, como demonstrado nas curvas características.

Em todos os casos, o consumo é pequeno e o detector é efetivamente silencioso em operação.

## Relé Amplificador

Este relé possibilita a amplificação a pressões industriais de 3 a 8 bar através de um sinal de baixa pressão enviado pelo detector fluídico de proximidade. Possui dois estágios, cada estágio deve ser alimentado com um nível de pressão.
O primeiro estágio com nível em PX de 100 a 300 mbar
O segundo estágio com nível em P de alimentação 3 a 8 bar.

## Funcionamento

O sinal A (0,5 a 2 mbar) é inicialmente amplificado pelo primeiro estágio do relé amplificador do tipo alívio "Bleed". Este primeiro estágio é alimentado pela pressão piloto PX (100 a 300 mbar) e no segundo estágio do amplificador encontra-se uma válvula poppet e um diafragma, o qual é alimentado pela pressão P (3 a 8 bar) que proporciona o sinal de saída P.

Com o relé amplificador desacionado, a pressão da mola 1 e a válvula poppet 2 do segundo estágio estão vedando a pressão de entrada P, não havendo então sinal de saída. A alimentação de pressão Px do primeiro estágio passa pelo orifício calibrado 3, escapando para exaustão após passar pelo orifício calibrado 4, que possui maior dimensão do que o orifício 3.

Com o relé amplificador acionado há um sinal de controle, o que pressiona o diafragma 5 do segundo estágio contra o orifício 4. A pressão se eleva subitamente abaixo do diafragma 6 do primeiro estágio, que comprime a mola 1 e abre a válvula poppet 2, proporcionando o sinal de saída S.

No estado de repouso, atuando o acionador manual, a pressão Px é bloquada evitando a exaustão e atua o segundo estágio, proporcionando um sinal de saída S no relé amplificador.

## Módulo de Segurança Bimanual

Este módulo de segurança bimanual produz envio de um sinal pneumático, através de sinais aplicados em 2 pontos de entrada A e B, dentro de um intervalo de tempo menor que 0,3 segundos. Este módulo é indispensável para proteção das mãos do operador, para qualquer máquina potencialmente perigosa ou estação de trabalho:

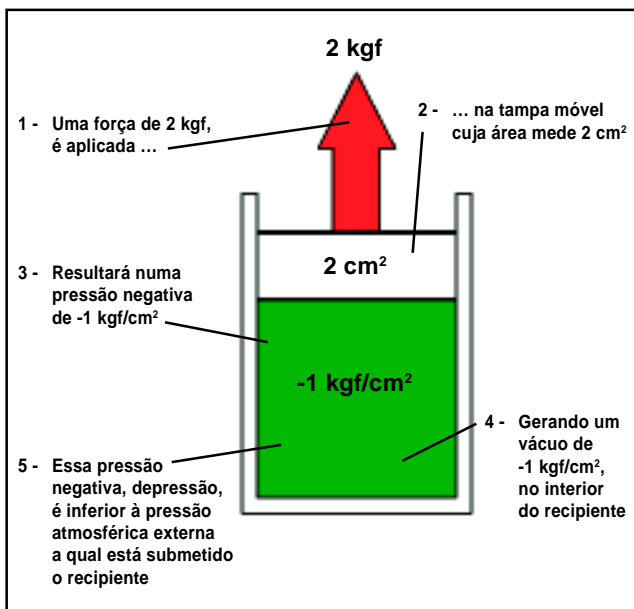
- Onde há necessidade de envio de sinais com acionamento quase simultâneo de controles manuais.
- Se existir o movimento de um cilindro causando perigo ao operador, o sinal de saída S pode comandar diretamente a válvula de controle direcional do cilindro.
- Se, de outra forma, diversos movimentos no ciclo de uma máquina são perigosos, o sinal de saída S fornecido pelo módulo de segurança é usado pelo circuito seqüenciador em proteção ao operador de todos os passos perigosos.

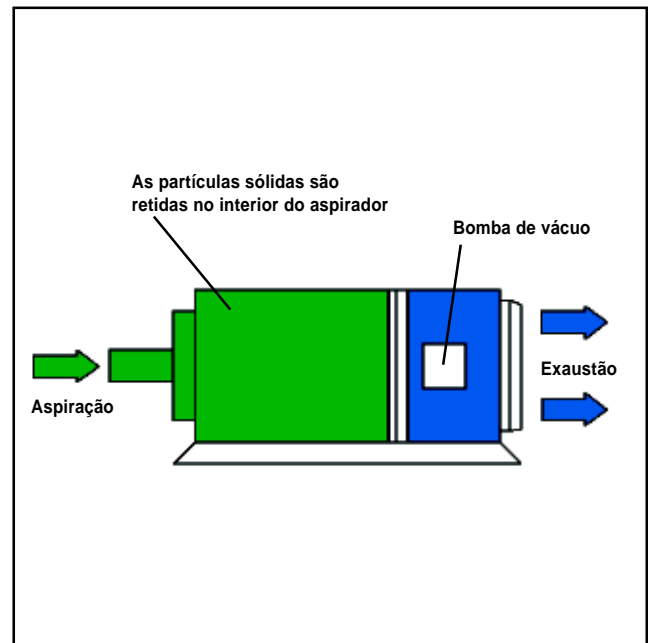
## Funcionamento

Quando o operador aciona o controle manual A ou B, ou os dois controles mas com uma diferença de tempo excedendo 0,3 segundos, o sinal de saída S não ocorre. Só ocorrerá o sinal de saída S se houver um acionamento quase simultâneo (menor que 0,3 segundos) pelo operador em ambos os controles A e B. O sinal de saída S ocorre se o pórtico P for alimentado, este sinal desaparecerá se a alimentação P for cortada. Se por qualquer causa desaparecer o sinal de S, o reacionamento quase simultâneo de A e B é necessário para o restabelecimento do sinal de saída S.

# 7. Geradores de Vácuo, Ventosas

## Vácuo

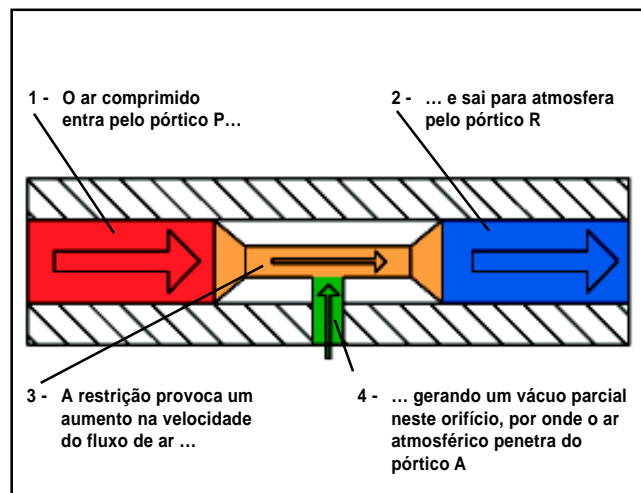
A palavra vácuo, originária do latim "Vacuus", significa vazio. Entretanto, podemos definir tecnicamente que um sistema encontra-se em vácuo quando o mesmo está submetido a uma pressão inferior à pressão atmosférica. Utilizando o mesmo raciocínio aplicado anteriormente para ilustrar como é gerada a pressão dentro de um recipiente cilíndrico, cheio de ar, se aplicarmos uma força contrária na tampa móvel do recipiente, em seu interior teremos como resultante uma pressão negativa, isto é, inferior à pressão atmosférica externa.

Esse princípio é utilizado pela maioria das bombas de vácuo encontradas no mercado onde, por meio do movimento de peças mecânicas especialmente construídas para essa finalidade, procura-se retirar o ar atmosférico presente em um reservatório ou tubulação, criando em seu interior um "vazio", ou seja, uma pressão atmosférica externa.

Um aspirador de pó caseiro, por exemplo, funciona a partir desse princípio. Quando ligamos o aspirador, uma bomba de vácuo acionada por um motor elétrico retira o ar atmosférico presente no interior da maira flexível, expulsando-o pela saída exaustora. Dessa maneira, gera-se uma pressão negativa na entrada do aspirador, de modo que a pressão atmosférica do ambiente, sendo maior que o vácuo parcial gerado na mangueira, entra pela tubulação, levando com ela as partículas sólidas próximas da extremidade da mangueira. Essas partículas são então retidas dentro do aspirador, o qual permite que apenas o ar saia pelo pórtico de exaustão. A figura a seguir demonstra o funcionamento esquemático de um aspirador de pó que, por meio da técnica do vácuo, gera um fluxo contínuo de ar para captar e reter partículas sólidas presentes em superfícies expostas à pressão atmosférica.

## Efeito Venturi

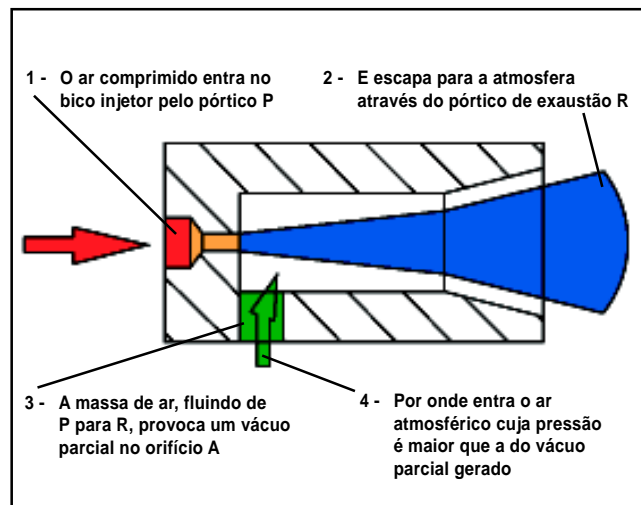
Para aplicações industriais, existem outras formas mais simples e baratas de se obter vácuo, além das bombas já mencionadas. Uma delas é a utilização do princípio de Venturi.

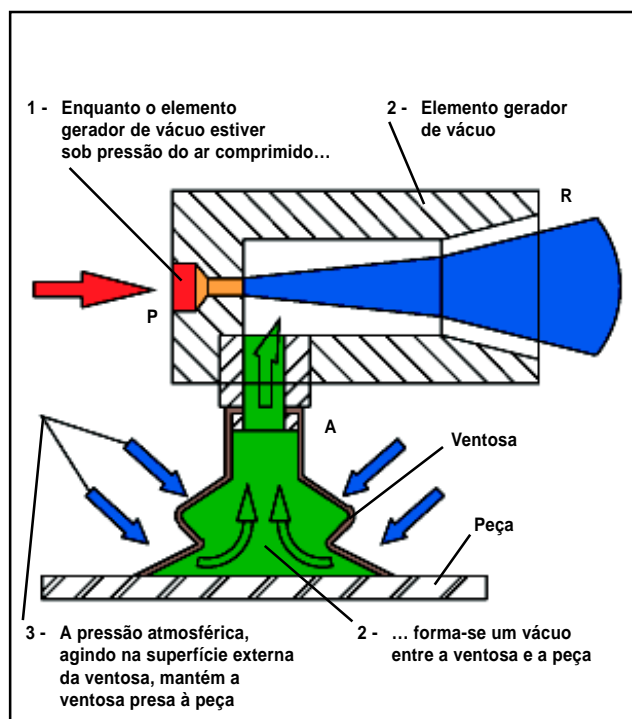
A técnica consiste em fazer fluir ar comprimido por um tubo no qual um giclê, montado em seu interior, provoca um estrangulamento à passagem do ar. O ar que flui pelo tubo, ao encontrar a restrição, tem seu fluxo aumentado devido à passagem estreita. O aumento do fluxo do ar comprimido, no estrangulamento, provoca uma sensível queda de pressão na região.

Um orifício externo, construído estrategicamente na região restringida do tubo, sofrerá então uma depressão provocada pela passagem do ar comprimido pelo estrangulamento. Isso significa que teremos um vácuo parcial dentro do orifício que, ligado à atmosfera, fará

com que o ar atmosférico, cuja pressão é maior, penetre no orifício em direção à grande massa de ar que flui pela restrição. A figura a seguir ilustra como é gerado um vácuo pelo princípio de Venturi.

Outra forma muito utilizada para se obter vácuo é por meio da técnica do injetor de ar, uma derivação do efeito Venturi visto acima.

Nessa técnica, pressuriza-se um bico injetor com ar comprimido e, nas proximidades do pórtico de descarga para a atmosfera, constrói-se um orifício lateral perpendicular à passagem do fluxo de ar pelo injetor.

O ar comprimido, fluindo a grande velocidade pelo injetor, provoca um vácuo parcial no orifício lateral que, conectado à atmosfera, fará com que o ar atmosférico penetre por ele em direção à massa de ar que flui pelo injetor. A próxima figura ilustra esquematicamente o funcionamento do bico injetor e o vácuo parcial gerado no orifício lateral.

Partindo desse princípio, se uma ventosa flexível for montada no pórtico de vácuo parcial A, ao aproximá-la de um corpo qualquer, de superfície lisa, a pressão atmosférica, agindo na face externa da ventosa, fará com que a mesma se prenda por sucção à superfície do corpo.

Considerando-se que entre a ventosa e a superfície do corpo há um vácuo parcial cuja pressão é menor que a da atmosfera, a ventosa permanecerá presa à superfície do corpo pela ação da pressão atmosférica, enquanto houver vácuo, ou seja, durante o tempo em que for mantido o fluxo de ar comprimido de P para R.

Essa técnica, conhecida como tecnologia do vácuo, vem crescendo dia após dia na indústria, tanto na manipulação de peças como no transporte de materiais a serem trabalhados.
Seja qual for a aplicação, no projeto de um sistema de vácuo, é importante serem observados os seguintes aspectos:

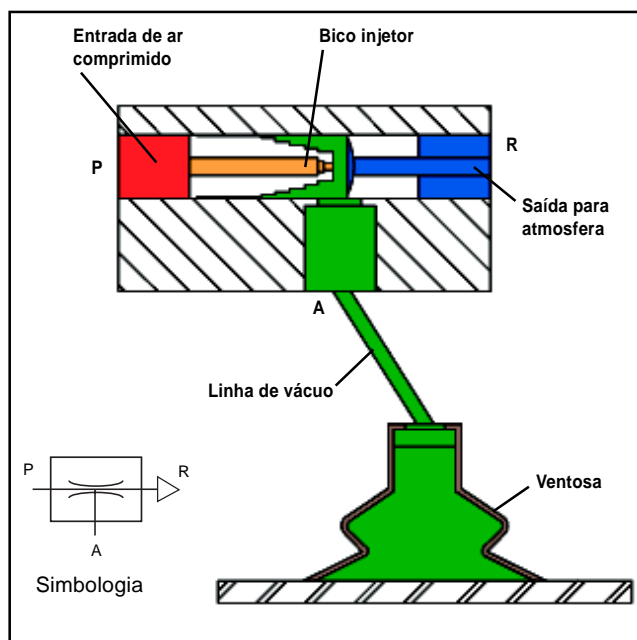
- O efeito do ambiente sobre os componentes do sistema;
- As forças necessárias para movimentação das peças ou materiais;
- O tempo de resposta do sistema;
- A permeabilidade dos materiais a serem manipulados ou transportados;
- O modo como as peças ou materiais serão fixados;
- A distância entre os componentes;
- Os custos envolvidos na execução do projeto.

É importante destacar, ainda, que a aplicação segura dessa tecnologia depende do dimensionamento correto das ventosas e dos geradores de vácuo, em função do formato e do peso dos corpos a serem manipulados ou transportados, bem como do projeto exato dos circuitos pneumáticos e eletropneumáticos que comandarão todo o sistema de vácuo.
Com relação à escolha correta dos componentes a serem empregados num sistema de vácuo, deve-se considerar, de um modo geral, a seguinte sequência:

- O tipo, o tamanho e o posicionamento das ventosas;
- O modelo ideal do elemento gerador de vácuo;
- As válvulas pneumáticas de comando e controle do sistema;
- As características construtivas e de utilização de tubos, mangueiras e conexões;
- O conjunto mecânico de sustentação das ventosas e acessórios.

Todos esses componentes, bem como seus aspectos construtivos, de dimensionamento e de funcionamento, serão abordados em detalhes nos capítulos seguintes, de forma a fornecer todos os subsídios necessários ao projeto de um sistema de vácuo eficiente e seguro.

## Elementos Geradores de Vácuo

Os geradores de vácuo encontrados com maior frequência na indústria, em sistemas de fixação e movimentação de cargas, são elementos pneumáticos que, utilizando-se do efeito Venturi, empregam um bico injetor de ar comprimido capaz de produzir vácuo, conforme demonstrado no capítulo 2 deste manual.

O ar comprimido, fluindo a grande velocidade pelo injetor, provoca um vácuo parcial no orifício lateral que, conectado à atmosfera, fará com que o ar atmosférico penetre por ele em direção à massa de ar que flui pelo injetor. Partindo desse princípio, se uma ventosa flexível for montada no pórtico de vácuo parcial A, ao aproximá-la de um corpo qualquer, de superfície lisa, a pressão atmosférica, agindo na face da ventosa, fará com que a mesma se prenda por sucção à superfície do corpo.

Considerando-se que entre a ventosa e a superfície do corpo há um vácuo parcial cuja pressão é menor que a da atmosfera, a ventosa permanecerá presa à superfície do corpo pela ação da pressão atmosférica, enquanto houver vácuo, ou seja, durante o tempo em que for mantido o fluxo de ar comprimido de P para R.
Existem muitos tipos de elementos geradores pneumáticos de vácuo. Embora suas características construtivas variem de acordo com os diferentes fabricantes, todos funcionam basicamente dentro do mesmo princípio de Venturi.

## Capacidade de Geração de Vácuo

A principal característica a ser observada na escolha de um elemento gerador pneumático de vácuo, para a realização de um trabalho específico, é a capacidade de produzir vácuo a uma determinada pressão e em um período de tempo predeterminado.
A tabela a seguir apresenta as relações entre consumo de ar comprimido e tempos de exaustão dos principais modelos e tamanhos de elementos geradores pneumáticos de vácuo disponíveis no mercado, trabalhando a uma pressão de 4 bar:

**Tabela de Tempos para Formação de 75% de Vácuo em um Recipiente de 1 Litro**

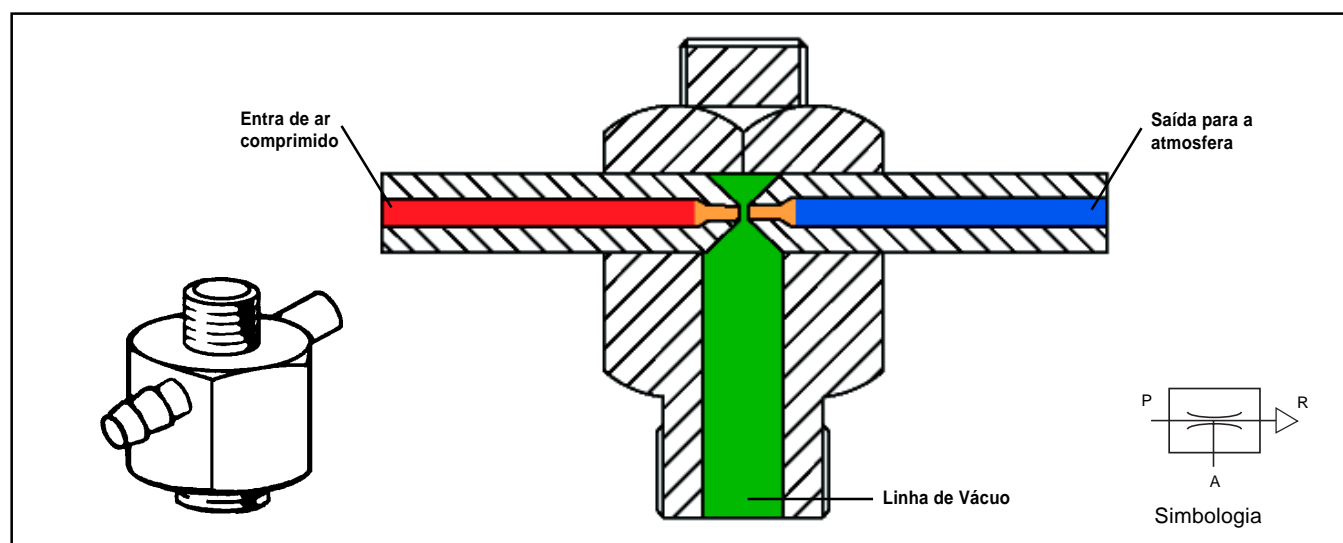
| Consumo de Ar Comprimido em litros por minuto (lpm) | Tempo de Exaustão em segundos (s) |
|---|---|
| 20 | 9,00 |
| 30 | 6,00 |
| 40 | 4,50 |
| 60 | 3,00 |
| 120 | 1,50 |
| 180 | 1,00 |
| 240 | 0,75 |
| 360 | 0,50 |
| 420 | 0,45 |
| 720 | 0,25 |

Independentemente do tamanho do elemento gerador pneumático de vácuo, todos têm capacidade de criar teoricamente o mesmo nível de vácuo. Entretanto, na prática, um gerador de maior porte é capaz de realizar a mesma operação de um pequeno num espaço de tempo bem menor, como pode ser observado na tabela.

Portanto, na seleção de um elemento gerador pneumático de vácuo é importante considerar o volume total das ventosas no sistema, tendo como referência os tempos acima para se atingir o vácuo desejado.

Serão apresentadas a seguir as características de funcionamento dos principais tipos de elementos geradores pneumáticos de vácuo encontrados na automação industrial, desde os construtivamente simples até os mais sofisticados, com válvulas de comando e controle incorporadas.

## Geradores de Vácuo Compactos

O elemento gerador de vácuo compacto caracteriza-se por suas dimensões reduzidas, permitindo a montagem diretamente sobre a ventosa. Seu consumo de ar comprimido é da ordem de 20 lpm e seu tempo de exaustão de um recipiente de 1 litro de capacidade, com 75% de vácuo, é de aproximadamente 9 segundos, conforme valores extraídos da tabela anterior.

Este modelo em particular é fabricado em latão e possui um bico adaptado para conexão direta com a mangueira de ar comprimido, no pórtico de entrada P.

## Ventosas

As duas técnicas mais comuns empregadas para fixação e levantamento de peças ou materiais, na indústria, são as garras mecânicas e as ventosas, as quais utilizam-se do vácuo para realizar o trabalho.

O emprego de garras mecânicas oferece, como vantagem principal, a facilidade na determinação das forças necessárias para fixação e sustentação de cargas. Entretanto, se o material da carga a ser fixada for frágil ou apresentar dimensões variáveis, as garras poderão danificar a carga ou provocar marcas indesejáveis no acabamento das superfícies das peças a serem manipuladas ou transportadas. Fatos desagradáveis como esse ocorrem, também, nos casos em que as garras, por um erro de projeto, são mal dimensionadas. Além disso, os sistemas mecânicos de fixação por garras apresentam, na maioria das vezes, custos elevados de construção, instalação e manutenção.

As ventosas, por sua vez, além de nunca danificarem as cargas durante o processo de manipulação ou de movimentação das mesmas, apresentam inúmeras vantagens se comparadas aos sistemas de fixação por garras. Entre elas destacam-se a maior velocidade de operação, fato que aumenta a produtividade; a facilidade e a rapidez nos reparos, aspecto que reduz os tempos de parada para manutenção e os baixos custos de aquisição dos componentes e de instalação.

De acordo com o que foi demonstrado no capítulo anterior, é a ação da pressão atmosférica que pressiona e fixa a ventosa contra a superfície da carga a ser movimentada, enquanto houver vácuo no interior da ventosa. Dessa forma, para que se possa ter a menor área de sucção possível, é necessário que seja

utilizado o maior nível de vácuo disponível no sistema. Experiências demonstram que o nível ideal de vácuo para trabalhos seguros de fixação e transporte de cargas por meio de ventosas está em torno de 75% do vácuo absoluto, o que corresponde a uma pressão negativa de -0,75 Kgf/cm².

A tabela a seguir estabelece relações entre os diâmetros das ventosas e as capacidades de levantamento de cargas. Observe que as ventosas apresentam maior eficiência na sustentação de cargas com superfícies horizontais, comparadas às verticais.

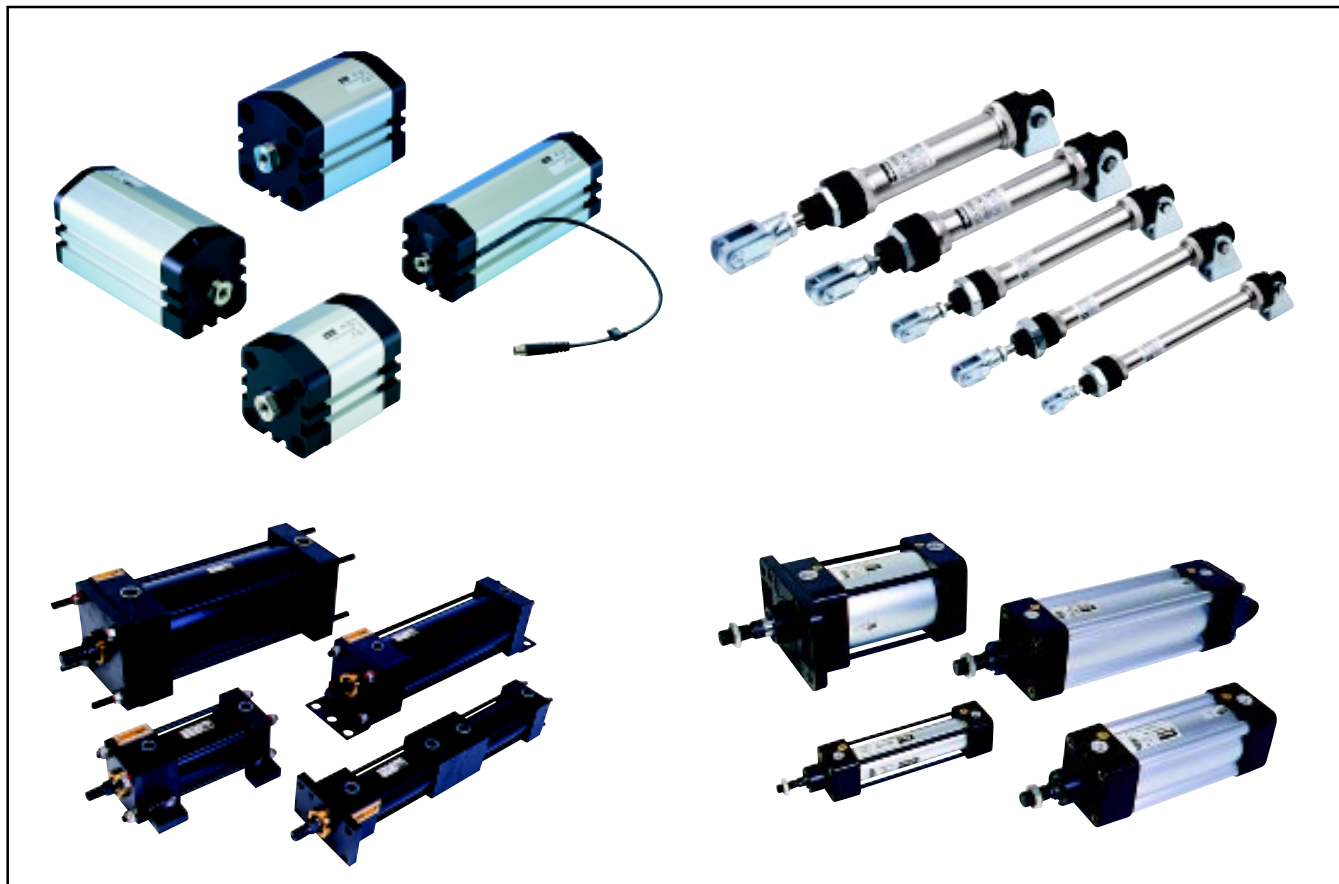
**Tabela de Capacidade de Carga para Ventosas Planas a 75% de Vácuo**

| Ø da Ventosa em mm | Área em cm² | Força de Levantamento | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Superfície Horizontal | | Superfície Vertical | |
| | | em N | em Kgf | em N | em Kgf |
| 5,0 | 0,19 | 0,69 | 0,071 | 0,35 | 0,036 |
| 10,0 | 0,78 | 2,86 | 0,292 | 1,43 | 0,146 |
| 15,0 | 1,76 | 6,47 | 0,66 | 3,23 | 0,33 |
| 20,0 | 3,14 | 11,54 | 1,177 | 5,76 | 0,588 |
| 25,0 | 4,90 | 18,02 | 1,837 | 9,00 | 0,918 |
| 30,0 | 7,06 | 25,96 | 2,647 | 12,97 | 1,323 |
| 35,0 | 9,61 | 35,34 | 3,603 | 17,66 | 1,801 |
| 40,0 | 12,56 | 46,20 | 4,71 | 23,05 | 2,35 |
| 45,0 | 15,89 | 58,44 | 5,958 | 29,22 | 2,979 |
| 50,0 | 19,62 | 72,17 | 7,357 | 36,08 | 3,678 |
| 55,0 | 23,74 | 87,32 | 8,902 | 43,66 | 4,451 |
| 60,0 | 28,26 | 103,95 | 10,597 | 51,97 | 5,298 |
| 65,0 | 33,16 | 121,98 | 12,435 | 60,98 | 6,217 |
| 70,0 | 38,46 | 141,47 | 14,422 | 70,73 | 7,211 |
| 75,0 | 44,15 | 162,41 | 16,556 | 81,20 | 8,278 |
| 80,0 | 50,24 | 184,82 | 18,84 | 92,41 | 9,42 |
| 85,0 | 56,71 | 208,61 | 21,266 | 104,30 | 10,633 |
| 90,0 | 63,58 | 233,89 | 23,842 | 116,94 | 11,921 |
| 95,0 | 70,84 | 260,60 | 26,565 | 130,29 | 13,282 |
| 100,0 | 78,54 | 288,92 | 29,452 | 144,46 | 14,726 |
| 120,0 | 113,04 | 415,84 | 42,39 | 207,92 | 21,195 |
| 150,0 | 176,62 | 649,73 | 66,232 | 324,86 | 33,116 |
| 200,0 | 314,00 | 1155,12 | 117,75 | 577,56 | 58,875 |
| 300,0 | 706,86 | 2600,35 | 265,076 | 1300,17 | 132,536 |

Uma ventosa de 40 mm de diâmetro, por exemplo, apresenta uma força de levantamento de 4,709 Kgf se a carga possuir uma superfície horizontal. Em contrapartida, se a carga for erguida por meio de uma superfície vertical, a mesma ventosa tem uma força de levantamento de apenas 2,354 Kgf.

## Ventosa Padrão

O tipo mais comum de ventosa, utilizado na fixação e transporte de cargas que apresentam superfícies planas ou ligeiramente curvas, é a ventosa padrão.
A ventosa padrão é produzida com diferentes formas, que variam de acordo com sua aplicação.
O tamanho, o tipo do material, as abas simples ou duplas para vedação, as luvas de atrito e as molas de reforço são algumas características que podem se alterar na fabricação da ventosa.

# 8. Atuadores Pneumáticos

Vimos anteriormente como é gerado e preparado o ar comprimido. Veremos agora como ele é colocado para trabalhar. Na determinação e aplicação de um comando, por regra geral, se conhece inicialmente a força ou torque de ação final requerida, que deve ser aplicada em um ponto determinado para se obter o efeito desejado. É necessário, portanto, dispor de um dispositivo que converta em trabalho a energia contida no ar comprimido. Os conversores de energia são os dispositivos utilizados para tal fim.
Num circuito qualquer, o conversor é ligado mecanicamente à carga. Assim, ao ser influenciado pelo ar comprimido, sua energia é convertida em força ou torque, que é transferido para a carga.

## Classificação dos Conversores de Energia

Estão divididos em três grupos:
- Os que produzem movimentos lineares
- Os que produzem movimentos rotativos
- Os que produzem movimentos oscilantes

## Lineares

São constituídos de componentes que convertem a energia pneumática em movimento linear ou angular. São representados pelos Cilindros Pneumáticos. Dependendo da natureza dos movimentos, velocidade, força, curso, haverá um mais adequado para a função.

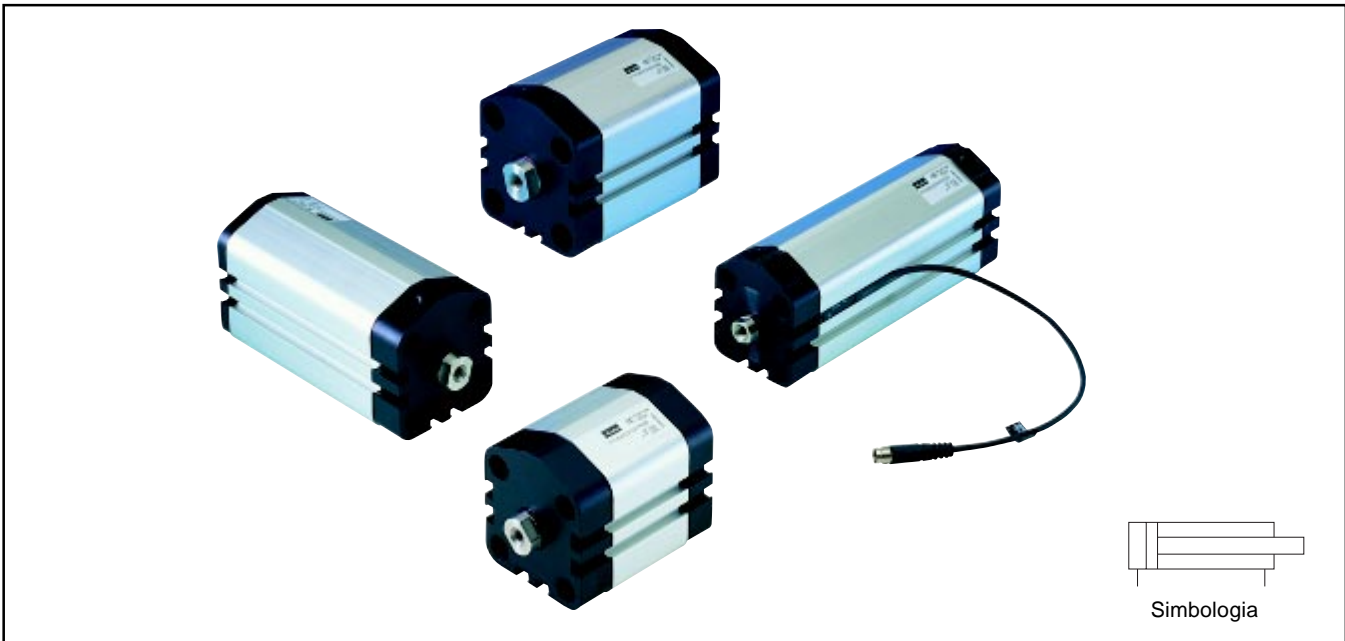
## Rotativos

Convertem energia pneumática em energia mecânica, através de momento torsor contínuo.

## Oscilantes

Convertem energia pneumática em energia mecânica, através de momento torsor limitado por um determinado número de graus.

## Cilindros Compactos

Simbologia

## Descrição

Apresentada em uma série versátil, com diversas opções de combinações das roscas de alimentação, canais para instalação dos sensores e uma das mais compactas do mercado, esta série de cilindros está em condições de atender a uma extensa gama de aplicações. A série é composta por cilindros com 10 diferentes diâmetros, de 12 a 100 mm, com cursos de 5 mm a 500 mm. São fornecidos pré-lubrificados, portanto, normalmente não necessitam de lubrificação adicional, mas, caso seja aplicada, esta deverá ser mantida em regime contínuo através de um lubrificador de linha.

Os canais internos do tubo permitem a comunicação entre os cabeçotes, transferindo ar para as duas extremidades do cilindro. As posições das roscas de alimentação podem ser especificadas de diferentes maneiras, atendendo às diversas aplicações e/ou necessidades de cada cliente. Como opções temos: radial na tampa dianteira, radial ou axial na tampa traseira, alimentação somente na tampa traseira ou em ambas. A flexibilidade de opções das roscas de alimentação, juntamente com uma escolha do tipo de montagem, garante que esta série pode ser usada em várias aplicações. É especialmente indicado nas aplicacões onde o espaço é limitado, como por exemplo, nas indústrias de embalagens, eletrônicos e outros. Além da versão básica, como haste em aço inox, êmbolo magnético e amortecimento fixo traseiro, a série inclui outras opções, tais como: guias externas, haste passante, roscas macho e fêmea nas hastes.

Os canais integrados ao corpo do tubo garantem uma fácil e rápida instalação dos sensores, não prejudicando o design externo do cilindro. O fato desses canais serem duplos permite a instalação agrupada dos sensores. Para os cilindros de Ø 32 mm até 100 mm os orifícios de fixação e os seus acessórios estão de acordo com a Norma ISO 6431, VDMA 24562 e AFNOR.

## Características Técnicas

| | |
|---|---|
| **Diâmetros** | 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, |
| | 63, 80 e 100 mm |
| **Tipo** | Dupla Ação |
| **Faixa de Pressão** | Até 10 bar |
| **Faixa de Temperatura** | -20°C a +80°C (Standard)<br>-10°C a +150°C (Viton) |
| **Fluido** | Ar Comprimido Filtrado,<br>Lubrificado ou Não |

## Materiais

| | |
|---|---|
| **Haste** | Aço Inoxidável |
| **Vedação da Haste** | Poliuretano |
| **Cabeçotes** | Alumínio Anodizado |
| **Vedações** | Poliuretano e Buna-N |
| **Corpo do Cilindro** | Alumínio |

▹ Pré-lubrificados com graxa Lube-A-Cyl.

## Peso e Consumo de Ar

| Versão | Cilindro | | | Haste | | | Peso (Curso "0") | Peso (10 mm de Curso) | Consumo de Ar* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ø (mm) | Área (cm²) | Rosca | Ø (mm) | Área (cm²) | Rosca | kg | kg | l |
| **Dupla Ação** | 10 | 0,79 | M5 | 4 | 0,13 | M4x0,7 | 0,05 | 0,003 | 0,0260 |
| | 12 | 1,13 | M5 | 6 | 0,28 | M6x1 | 0,08 | 0,004 | 0,0146 |
| | 16 | 2,01 | M5 | 6 | 0,28 | M6x1 | 0,10 | 0,005 | 0,0101 |
| | 20 | 3,14 | 1/8 G | 8 | 0,50 | M8x1,25 | 0,23 | 0,007 | 0,0405 |
| | 25 | 4,91 | 1/8 G | 10 | 0,78 | M10x1,25 | 0,34 | 0,011 | 0,0633 |

* Consumo de ar para um ciclo com 10 mm de curso a 6 bar.

## Força Estática

| Ø do Cilindro | Avanço / Retorno | Força Efetiva (N) / Pressão (bar) | | | | | | | | | | Área Efetiva (mm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| **10** | | 5,3 | 13,5 | 21,5 | 28,5 | 36,5 | 44,5 | 52,5 | 60,5 | 68,5 | 75,5 | 78,5 |
| | | 4,2 | 10,5 | 17,5 | 23,5 | 30,5 | 37,5 | 43,5 | 50,5 | 56,5 | 63,5 | 66,0 |
| **12** | | 8,8 | 20,5 | 31,5 | 42,5 | 54,5 | 65,5 | 76,5 | 87,5 | 99,5 | 110,5 | 113,0 |
| | | 6,0 | 14,5 | 22,5 | 31,5 | 39,5 | 48,5 | 56,5 | 65,5 | 73,5 | 82,5 | 85,0 |
| **16** | | 17,5 | 37,0 | 57,0 | 77,0 | 98,0 | 118,0 | 138,0 | 158,0 | 178,0 | 198,0 | 201,0 |
| | | 14,7 | 32,0 | 49,0 | 66,0 | 83,0 | 101,0 | 118,0 | 135,0 | 152,0 | 170,0 | 173,0 |
| **20** | | 28,7 | 60,0 | 91,0 | 123,0 | 154,0 | 185,0 | 217,0 | 248,0 | 280,0 | 311,0 | 314,0 |
| | | 23,7 | 50,0 | 76,0 | 103,0 | 129,0 | 155,0 | 182,0 | 208,0 | 234,0 | 261,0 | 264,0 |
| **25** | | 45,0 | 94,0 | 143,5 | 192,5 | 241,5 | 291,5 | 341,5 | 389,5 | 438,5 | 487,5 | 490,0 |
| | | 37,5 | 78,5 | 120,5 | 161,5 | 202,5 | 243,5 | 285,5 | 326,5 | 367,5 | 408,5 | 412,0 |

▷ As forças indicadas são teóricas e podem sofrer alterações de acordo com as condições de trabalho.

## Cilindros Mini ISO Reparáveis

### Descrição

Esta versão de cilindros Série Mini ISO é indicada para uso em aplicações gerais, sendo particularmente apropriada às indústrias de embalagens, alimentícias e têxteis.
Devido ao material utilizado, esta série de cilindros permite contato direto com água.
Os cilindros são fornecidos pré-lubrificados, sendo que, normalmente, não é necessária lubrificação adicional. Caso seja aplicada, deverá ser mantida em regime contínuo através de um lubrificador de linha.
Esta série possui um sistema de desmontagem dos cabeçotes, permitindo a troca de vedações, proporcionando maior vida útil ao produto e redução do custo de manutenção.
Todas as montagens estão de acordo com as normas ISO 6432 e CETOP RP 52P, garantindo facilidade de instalação e total intercambialidade.
Os novos cilindros Mini ISO estão disponíveis nos diâmetros 10, 12, 16, 20 e 25 mm, êmbolo magnético standard e amortecimento pneumático fixo (todos) ou ajustável (Ø 25 mm).

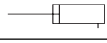
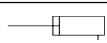
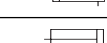
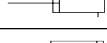
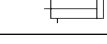
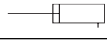
### Versões Disponíveis

- Dupla Ação com Amortecimento Fixo.
- Dupla Ação com Amortecimento Ajustável (Ø 25 mm).
- Dupla Ação com Haste Passante.

### Características Técnicas

| | |
|---|---|
| **Diâmetros** | 10,12,16,20 e 25 mm |
| **Tipo** | Dupla Ação |
| **Faixa de Pressão** | Até 10 bar |
| **Faixa de Temperatura** | -20°C a +80°C |
| **Fluido** | Ar Comprimido Filtrado, Lubrificado ou Não |

### Materiais

| | |
|---|---|
| **Haste** | Aço Inoxidável |
| **Vedação da Haste** | Poliuretano |
| **Mancal da Haste** | Acetal |
| **Cabeçotes** | Alumínio Anodizado |
| **Vedações** | Poliuretano (Ø 10, 12 e 16 mm)<br>Buna-N (Ø 20 e 25 mm) |
| **Camisa do Cilindro** | Aço Inoxidável |
| **Êmbolo** | Alumínio |

▻ Pré-lubrificados com graxa Lube-A-Cyl.

## Peso e Consumo de Ar

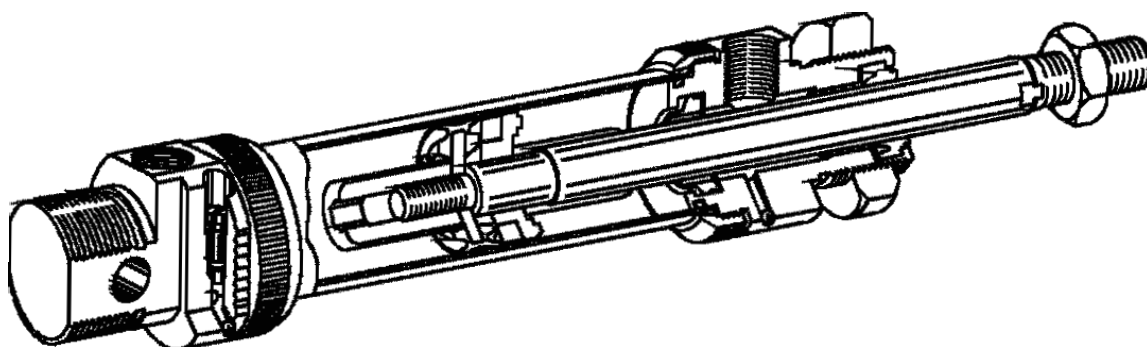
| Versão | Cilindro | | | Haste | | | Peso (Curso "0") | Peso (10 mm de Curso) | Consumo de Ar* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ø (mm) | Área ($cm^2$) | Rosca | Ø (mm) | Área ($cm^2$) | Rosca | kgf | kgf | l |
| **Dupla Ação** | 10 | 0,79 | M5 | 4 | 0,13 | M4x0,7 | 0,05 | 0,003 | 0,0260 |
| | 12 | 1,13 | M5 | 6 | 0,28 | M6x1 | 0,08 | 0,004 | 0,0146 |
| | 16 | 2,01 | M5 | 6 | 0,28 | M6x1 | 0,10 | 0,005 | 0,0101 |
| | 20 | 3,14 | 1/8 G | 8 | 0,50 | M8x1,25 | 0,23 | 0,007 | 0,0405 |
| | 25 | 4,91 | 1/8 G | 10 | 0,78 | M10x1,25 | 0,34 | 0,011 | 0,0633 |

* Consumo de ar para um ciclo com 10 mm de curso a 6 bar.

## Força Estática

| Ø do Cilindro | Avanço | Força Efetiva (N) / Pressão (bar) | | | | | | | | | | Área Efetiva ($mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Retorno | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| **10** | | 5,3 | 13,5 | 21,5 | 28,5 | 36,5 | 44,5 | 52,5 | 60,5 | 68,5 | 75,5 | 78,5 |
| | | 4,2 | 10,5 | 17,5 | 23,5 | 30,5 | 37,5 | 43,5 | 50,5 | 56,5 | 63,5 | 66,0 |
| **12** | | 8,8 | 20,5 | 31,5 | 42,5 | 54,5 | 65,5 | 76,5 | 87,5 | 99,5 | 110,5 | 113,0 |
| | | 6,0 | 14,5 | 22,5 | 31,5 | 39,5 | 48,5 | 56,5 | 65,5 | 73,5 | 82,5 | 85,0 |
| **16** | | 17,5 | 37,0 | 57,0 | 77,0 | 98,0 | 118,0 | 138,0 | 158,0 | 178,0 | 198,0 | 201,0 |
| | | 14,7 | 32,0 | 49,0 | 66,0 | 83,0 | 101,0 | 118,0 | 135,0 | 152,0 | 170,0 | 173,0 |
| **20** | | 28,7 | 60,0 | 91,0 | 123,0 | 154,0 | 185,0 | 217,0 | 248,0 | 280,0 | 311,0 | 314,0 |
| | | 23,7 | 50,0 | 76,0 | 103,0 | 129,0 | 155,0 | 182,0 | 208,0 | 234,0 | 261,0 | 264,0 |
| **25** | | 45,0 | 94,0 | 143,5 | 192,5 | 241,5 | 291,5 | 341,5 | 389,5 | 438,5 | 487,5 | 490,0 |
| | | 37,5 | 78,5 | 120,5 | 161,5 | 202,5 | 243,5 | 285,5 | 326,5 | 367,5 | 408,5 | 412,0 |

⊳ As forças indicadas são teóricas e podem sofrer alterações de acordo com as condições de trabalho.

**Cilindro Mini ISO**

## Tipos de Cilindros Pneumáticos

Os cilindros se diferenciam entre si por detalhes construtivos, em função de suas características de funcionamento e utilização.
Basicamente, existem dois tipos de cilindros:

- Simples Efeito ou Simples Ação
- Duplo Efeito ou Dupla Ação, com e sem amortecimento. Além de outros tipos de construção derivados como:
  - Cilindro de D.A. com haste dupla
  - Cilindro duplex contínuo (Tandem)
  - Cilindro duplex geminado (múltiplas posições)
  - Cilindro de impacto
  - Cilindro de tração por cabos

## Cilindro de Simples Efeito ou Simples Ação

Recebe esta denominação porque utiliza ar comprimido para conduzir trabalho em um único sentido de movimento, seja para avanço ou retorno.

Este tipo de cilindro possui somente um orifício por onde o ar entra e sai do seu interior, comandado por uma válvula. Na extremidade oposta à de entrada, é dotado de um pequeno orifício que serve de respiro, visando impedir a formação de contrapressão internamente, causada pelo ar residual de montagem. O retorno, em geral, é efetuado por ação de mola e força externa. Quando o ar é exaurido, o pistão (haste + êmbolo) volta para a posição inicial.

**Cilindro Simples Ação Retorno por Mola**

Simbologia

**Cilindro de Simples Ação com Avanço por Mola e Retorno por Ar Comprimido**

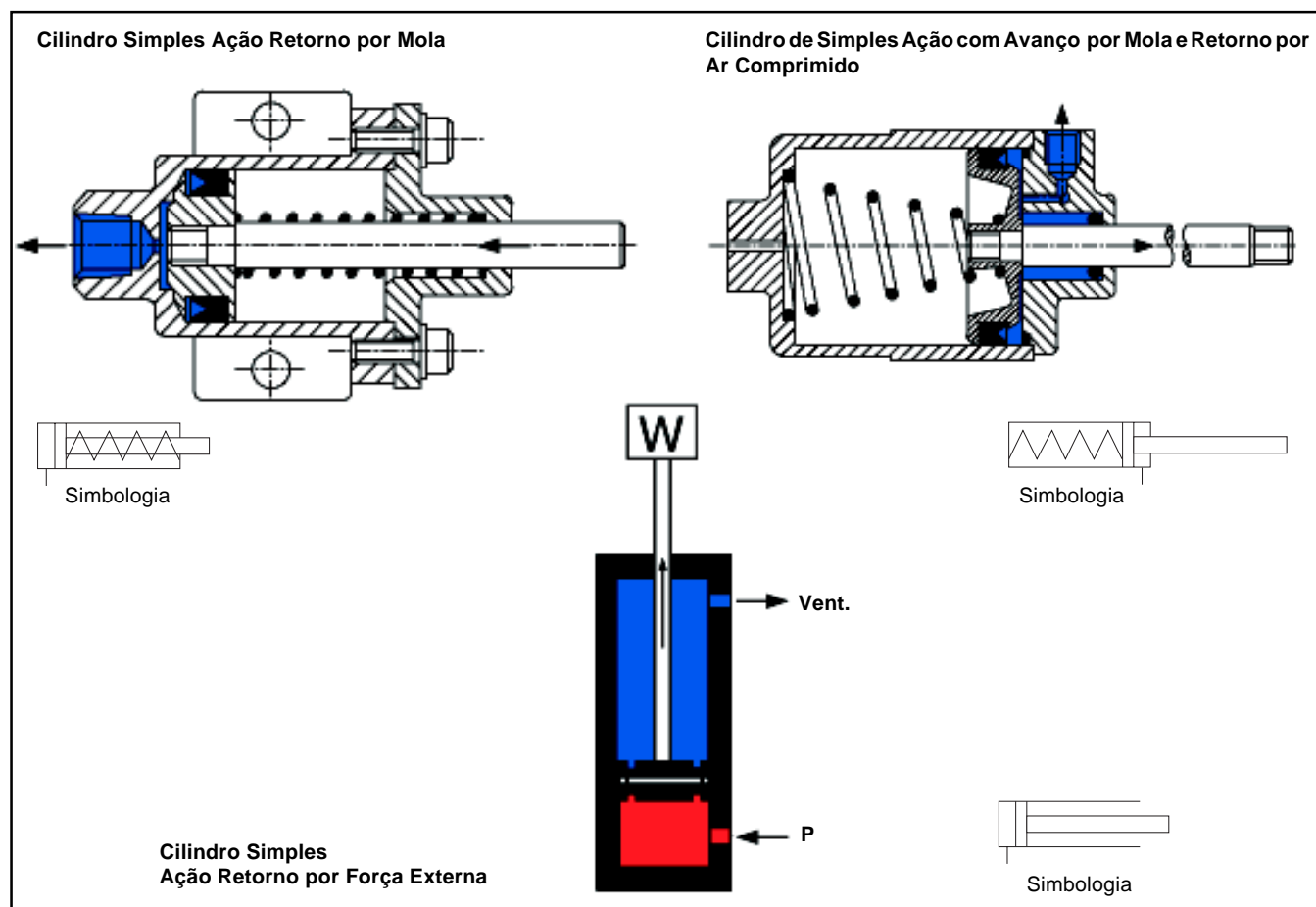
Simbologia

W

Vent.

P

**Cilindro Simples Ação Retorno por Força Externa**

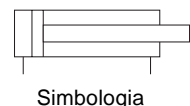
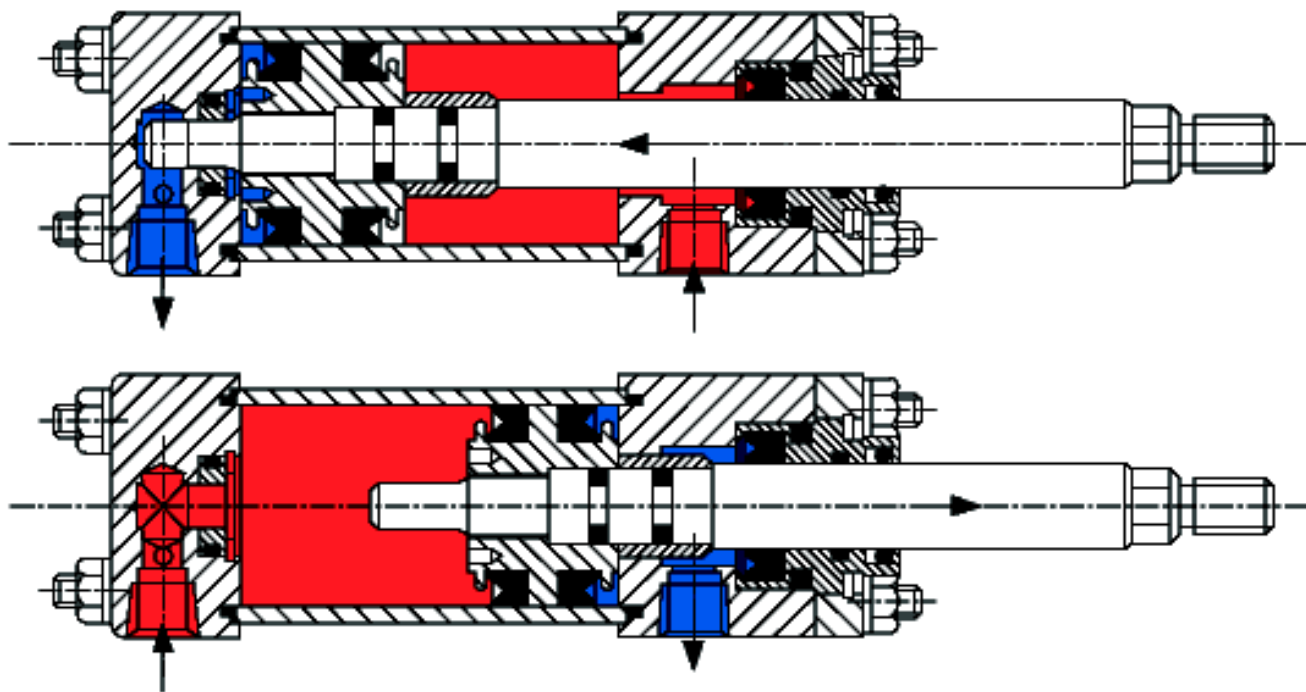
Simbologia

Pelo próprio princípio de funcionamento, limita sua construção a modelos cujos cursos não excedem a 75 mm, para diâmetro de 25 mm, ou cursos de 125 mm, para diâmetro de 55 mm. Para cursos maiores, o retorno é propiciado pela gravidade ou força externa, porém o cilindro deve ser montado em posição vertical, conforme A, onde o ar comprimido realiza o avanço. A carga W, sob a força da gravidade, efetua o retorno.

O retorno também pode ser efetuado por meio de um colchão de ar comprimido, formando uma mola pneumática.
Este recurso é utilizado quando os cursos são longos e a colocação de uma mola extensa seria inconveniente. Neste caso, utiliza-se um cilindro de dupla ação, onde a câmara dianteira é mantida pressurizada com uma pressão pré-calculada, formando uma mola que,

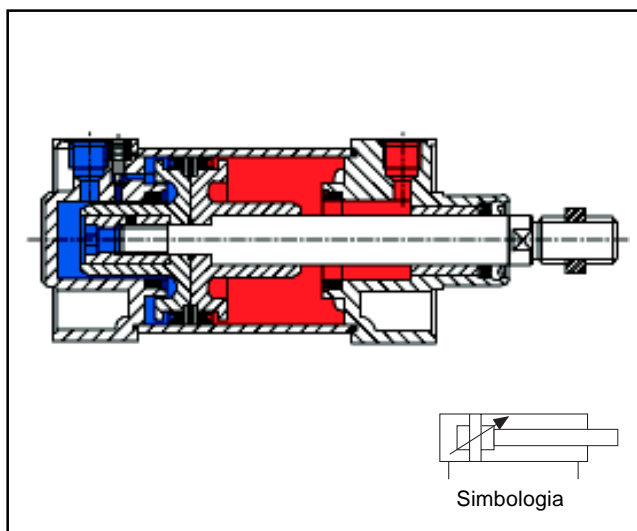
porém, está relacionada diretamente com a força que o cilindro deve produzir, sem sofrer redução.
Os cilindros que possuem retorno por mola contra-pressão ou avanço por mola podem ser montados em qualquer posição, pois independem de outros agentes. Deve-se notar que o emprego de uma mola mais rígida para garantir um retorno ou avanço vai requerer uma maior pressão por parte do movimento oposto, para que o trabalho possa ser realizado sem redução.
No dimensionamento da força do cilindro, deve-se levar em conta que uma parcela de energia cedida pelo ar comprimido será absorvida pela mola.
Em condições normais, a mola possui força suficiente para cumprir sua função, sem absorver demasiada energia.
Os cilindros de S.A. com retorno por mola são muito utilizados em operações de fixação, marcação, rotulação, expulsão de peças e alimentação de dispositivos; os cilindros de S.A. com avanço por mola e retorno por ar comprimido são empregados em alguns sistemas de freio, segurança, posições de travamento e trabalhos leves em geral.

## Cilindro de Duplo Efeito ou Dupla Ação

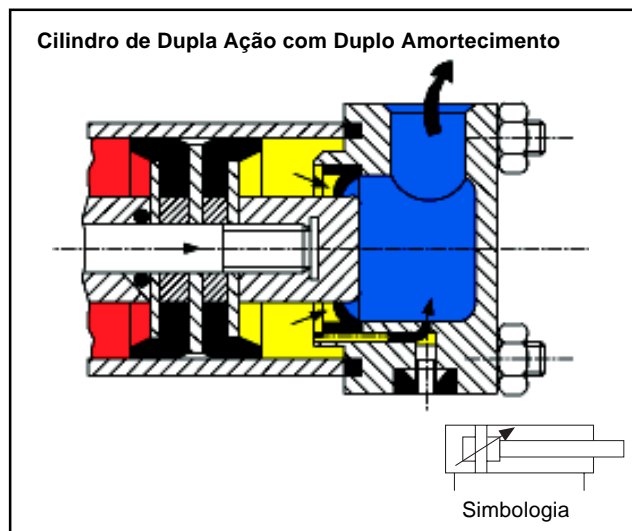
Quando um cilindro pneumático utiliza ar comprimido para produzir trabalho em ambos os sentidos de movimento (avanço e retorno), diz-se que é um cilindro de Dupla Ação, o tipo mais comum de utilização. Sua característica principal, pela definição, é o fato de se poder utilizar tanto o avanço quanto o retorno para desenvolvimento de trabalho. Existe, porém, uma diferença quanto ao esforço desenvolvido: as áreas efetivas de atuação da pressão são diferentes; a área da câmara traseira é maior que a da câmara dianteira, pois nesta há que se levar em conta o diâmetro da haste, que impede a ação do ar sobre toda a área. O ar comprimido é admitido e liberado alternadamente por dois orifícios existentes nos cabeçotes, um no traseiro e outro no dianteiro que, agindo sobre o êmbolo, provocam os movimentos de avanço e retorno. Quando uma câmara está admitindo ar a outra está em comunicação com a atmosfera. Esta operação é mantida até o momento de inversão da válvula de comando; alternando a admissão do ar nas câmaras, o pistão se desloca em sentido contrário.

**Cilindro de Dupla Ação**

Simbologia

## Cilindros Normalizados

Com o objetivo de proporcionar intercambiabilidade em nível mundial em termos de equipamentos, uma tendência natural dos fabricantes é a de produzir dentro de sua linha, componentes que atendem a Normas Técnicas Internacionais. No caso o cilindro abaixo é construído conforme as normas ISO 6431 e DIN 24335. Dessa forma, desde o material construtivo até suas dimensões em milímetros são padronizados.
No demais, todas as outras características funcionais são similares às dos cilindros convencionais.

## Cilindro com Amortecimento

Projetado para controlar movimentos de grandes massas e desacelerar o pistão nos fins de curso, tem a sua vida útil prolongada em relação aos tipos sem amortecimento.
Este amortecimento tem a finalidade de evitar as cargas de choque, transmitidas aos cabeçotes e ao pistão, no final de cada curso, absorvendo-as.
Em cilindros de diâmetro muito pequeno, este recurso não é aplicável, pois utiliza espaços não disponíveis nos cabeçotes e nem haveria necessidade, pois o esforço desenvolvido é pequeno e não chega a adquirir muita inércia.
Serão dotados de amortecimento (quando necessário) os cilindros que possuirem diâmetros superiores a 30 mm e cursos acima de 50 mm, caso contrário, não é viável sua construção.

O amortecimento é criado pelo aprisionamento de certa quantidade de ar no final do curso. Isso é feito quando um colar que envolve a haste começa a ser encaixado numa guarnição, vedando a saída principal do ar e forçando-o por uma restrição fixa ou regulável, através da qual escoará com vazão menor. Isso causa uma desaceleração gradativa na velocidade do pistão e absorve o choque.

Um bom aproveitamento é conseguido quando é utilizado o curso completo do cilindro, pois o amortecimento só é adaptável nos finais de curso.
Provido deste recurso, o tempo gasto durante cada ciclo completo se torna maior e existem perdas em cada desaceleração do pistão.

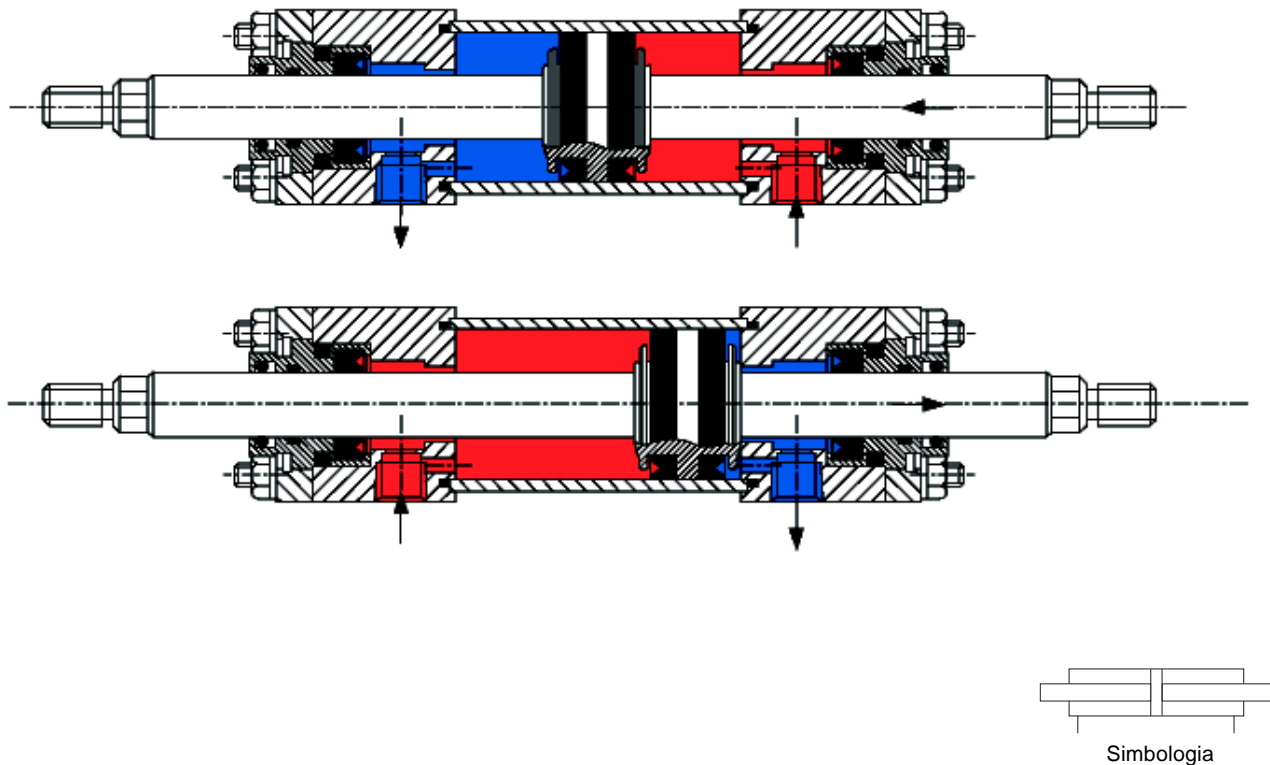
## Cilindros Derivados

Geralmente os cilindros são construídos segundo as formas vistas anteriormente, pois podem se adaptar facilmente às diversas aplicações. Muitas vezes é necessária a construção de cilindros derivados para se poder usá-los de forma racional em certas aplicações; estes cilindros são distintos segundo os fabricantes. Para alguns, eles representam realmente um produto especial; para outros, significam uma construção normal, devido à sua difusão e aplicações.

## Cilindro de Haste Dupla

Este tipo de cilindro (D.A.) de haste dupla vem encontrando grandes aplicações na indústria. Possui duas hastes unidas ao mesmo êmbolo. Enquanto uma das hastes realiza trabalho, a outra pode ser utilizada no comando de fins de curso ou dispositivos que não possam ser posicionados ao longo da oposta.
Apresentam ainda a possibilidade de variação do curso de avanço, o que é bastante favorável, principalmente em operações de usinagem. As duas faces do êmbolo possuem geralmente a mesma área, o que possibilita transmitir forças iguais em ambos os sentidos de movimentação. Apresenta dois mancais de guia, um em cada cabeçote, oferecendo mais resistência a cargas laterais, que podem ser causadas pela aplicação, bem como melhor alinhamento. De acordo com o dispositivo em que for adaptado, este cilindro pode apresentar uma série de outras aplicações. Pode ser fixado pelas extremidades das hastes, deixando o corpo livre, ou fixado pelo corpo, permitindo que as hastes se desloquem. Como exemplo típico, considera-se o caso da automação de mesas de máquinas operatrizes e máquinas de injeção.

**Cilindro de Dupla Ação e Haste Dupla**

Simbologia

### Regulagem de Curso nos Cilindros de Dupla Ação

Neste caso, a regulagem é feita por intermédio de um parafuso que atravessa o cabeçote traseiro, permitindo que o curso seja regulado conforme o deslocamento do parafuso.

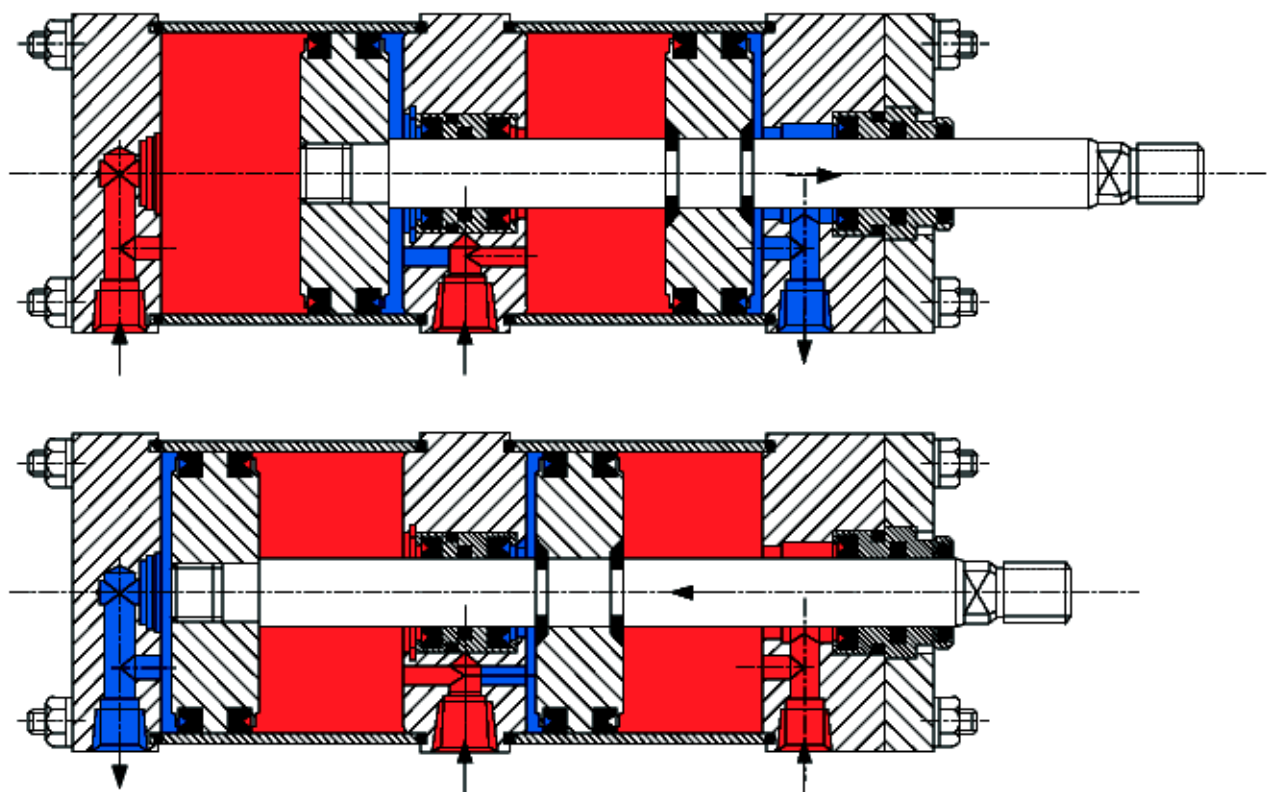
### Regulagem de Curso nos Cilindros de Haste Dupla

Um tubo metálico é roscado na extremidade prolongada da haste. A seguir, é roscada uma porca. Este tubo metálico servirá de espaçador e a porca será para sua fixação. Com o deslocamento do pistão, o tubo encosta no cabeçote do cilindro, limitando o curso.
Para se efetuar variação no curso, a porca é afrouxada, o tubo é deslocado para o curso desejado e depois fixado novamente.
É possível se conseguir regulagem do curso de um cilindro por meio de válvulas estrategicamente colocadas durante o curso e que são acionadas por meio de dispositivos de cames, ligados à própria haste do cilindro. Ao serem acionadas, enviam sinais que irão proporcionar a parada do pistão, revertendo ou não o sentido do movimento.

### Cilindro Duplex Contínuo ou Cilindro Tandem

Dotado de dois êmbolos unidos por uma haste comum, separados entre si por meio de um cabeçote intermediário, possui entradas de ar independentes.

Devido à sua forma construtiva, dois cilindros (de Dupla Ação) em série numa mesma camisa, com entradas de ar independentes, ao ser injetado ar comprimido simultaneamente nas duas câmaras, no sentido de avanço ou retorno, ocorre atuação sobre as duas faces do êmbolo, de tal modo que a força produzida é a somatória das forças individuais de cada êmbolo. Isto permite dispor de maior força, tanto no avanço como no retorno.

**Cilindro Duplex Contínuo ou Cilindro Tandem**

Simbologia

Aplicado em casos onde se necessitam maiores forças, porém não dispondo de espaço para comportar um cilindro de diâmetro maior, e não pode elevar muito a pressão de trabalho - a sua aplicação podendo superar o problema. Em sistemas de sincronismo de movimentos é muito empregado; as câmaras intermediárias são preenchidas com óleo.

Quando da sua utilização, deve-se levar em consideração o seu comprimento, que é maior. Há necessidade, portanto, de profundidades ou vãos diferentes para seu posicionamento, principalmente em função do curso desejado.

## Cilindro Duplex Geminado

Consiste em dois ou mais cilindros de dupla ação, unidos entre si, possuindo cada um entradas de ar independentes.

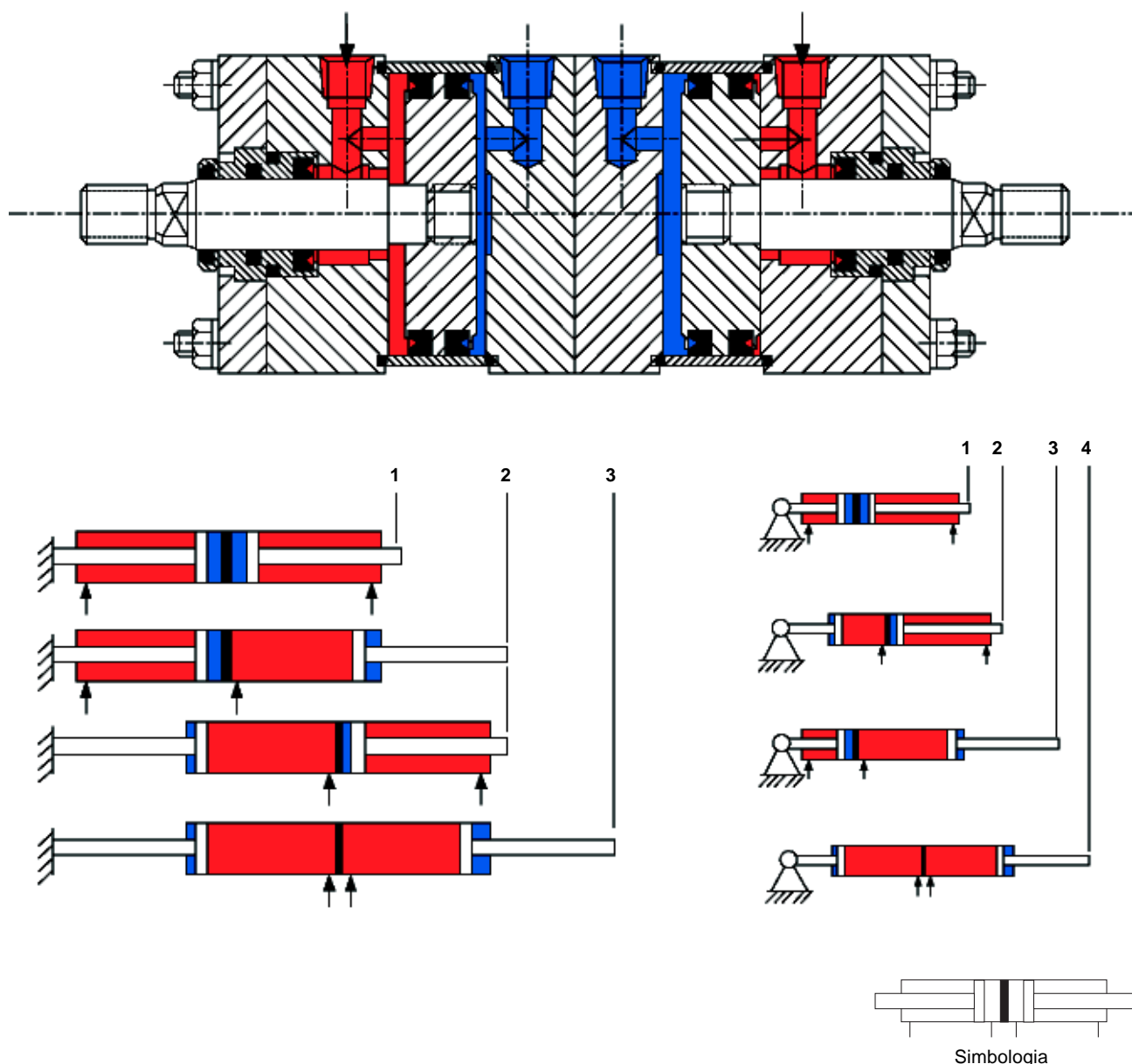
Essa união possibilita a obtenção de três, quatro ou mais posições distintas.

As posições são obtidas em função da combinação entre as entradas de ar comprimido e os cursos correspondentes. É aplicado em circuitos de seleção, distribuição, posicionamentos, comandos de dosagens e transportes de peças para operações sucessivas.

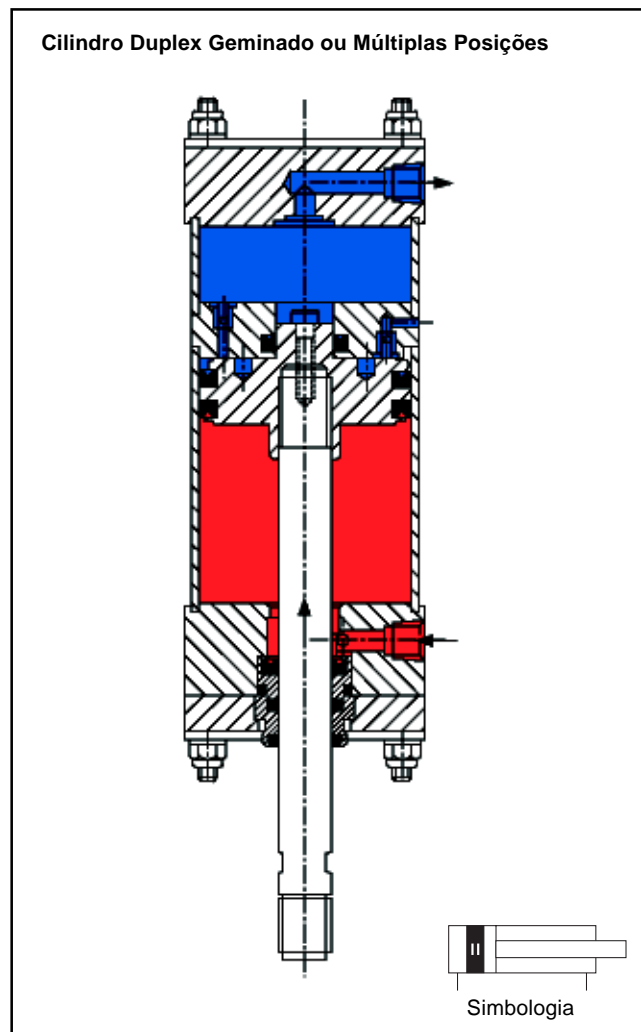
**Cilindro Duplex Geminado ou Múltiplas Posições**

1 2 3

1 2 3 4

Simbologia

## Cilindro de Impacto

Recebe esta denominação devido à força a ser obtida pela transformação de energia cinética.
É um cilindro de dupla ação especial com modificações.

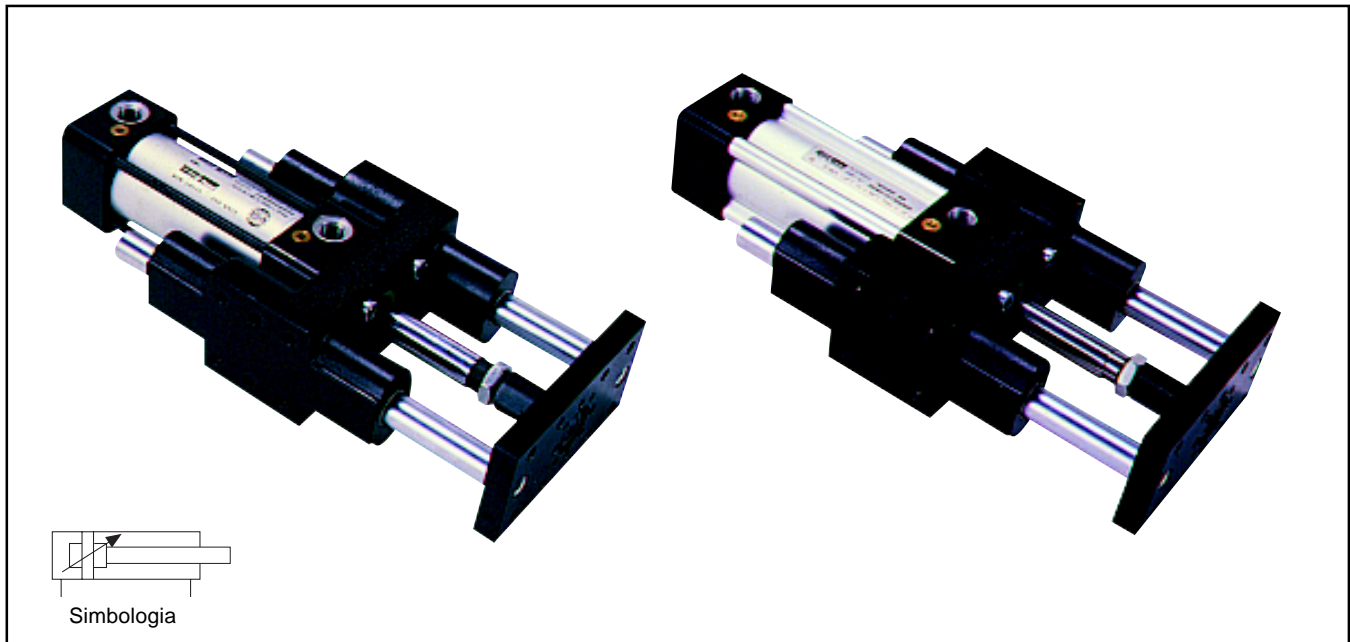
Cilindro Duplex Geminado ou Múltiplas Posições

- Dispõe internamente de uma pré-câmara (reservatório).
- O êmbolo, na parte traseira, é dotado de um prolongamento.
- Na parede divisória da pré-câmara, existem duas válvulas de retenção. Estas modificações permitem que o cilindro desenvolva impacto, devido à alta energia cinética obtida pela utilização da pressão imposta ao ar.

Assim, um cilindro de impacto com diâmetro de 102 mm, acionado por uma pressão de 700 kPa, desenvolve uma força de impacto equivalente a 35304 N, enquanto que um cilindro normal, de mesmo diâmetro e de mesma pressão, atinge somente 5296 N.
Ao ser comandado, o ar comprimido enviado ao cilindro é retido inicialmente e acumulado na pré-câmara interna, atuando sobre a pequena área da secção do prolongamento do êmbolo.
Quando a pressão do pistão atinge um valor suficiente, inicia-se o deslocamento do pistão. Este avança lentamente até que, em determinado instante, o prolongamento do êmbolo se desaloja da parede divisória e permite que todo o ar armazenado escoe rapidamente, atuando sobre a área do êmbolo.
No instante em que ocorre a expansão brusca do ar, o pistão adquire velocidade crescente até atingir a faixa onde deverá ser melhor empregado.

O impacto é produzido através da transformação da energia cinética fornecida ao pistão, acrescida da ação do ar comprimido sobre o êmbolo.
Quando se necessitam de grandes forças durante curtos espaços de tempo, como é o caso de rebitagens, gravações, cortes etc., este é o equipamento que melhor se adapta. No entanto, ele não se presta a trabalhos com grandes deformações. Sua velocidade tende a diminuir após certo curso, em razão da resistência oferecida pelo material ou pela existência de amortecimento no cabeçote dianteiro.
As duas válvulas de retenção já mencionadas possuem funções distintas.

Uma delas tem por função permitir que o cilindro retorne totalmente à posição inicial; o prolongamento do êmbolo veda a passagem principal do ar.
A outra válvula permite que a pressão atmosférica atue sobre o êmbolo, evitando uma soldagem entre a parede divisória e o êmbolo, devido à eliminação quase que total do ar entre os dois, o que tenderia à formação de um vácuo parcial.

## Guias Lineares

Simbologia

## Descrição

As Guias Lineares foram projetadas para oferecer maior precisão de movimento para cilindros pneumáticos, evitando o giro da haste. Podem ser acopladas em Cilindros Mini ISO (Ø 12 a 25 mm) e ISO (Ø 32 a 100 mm).

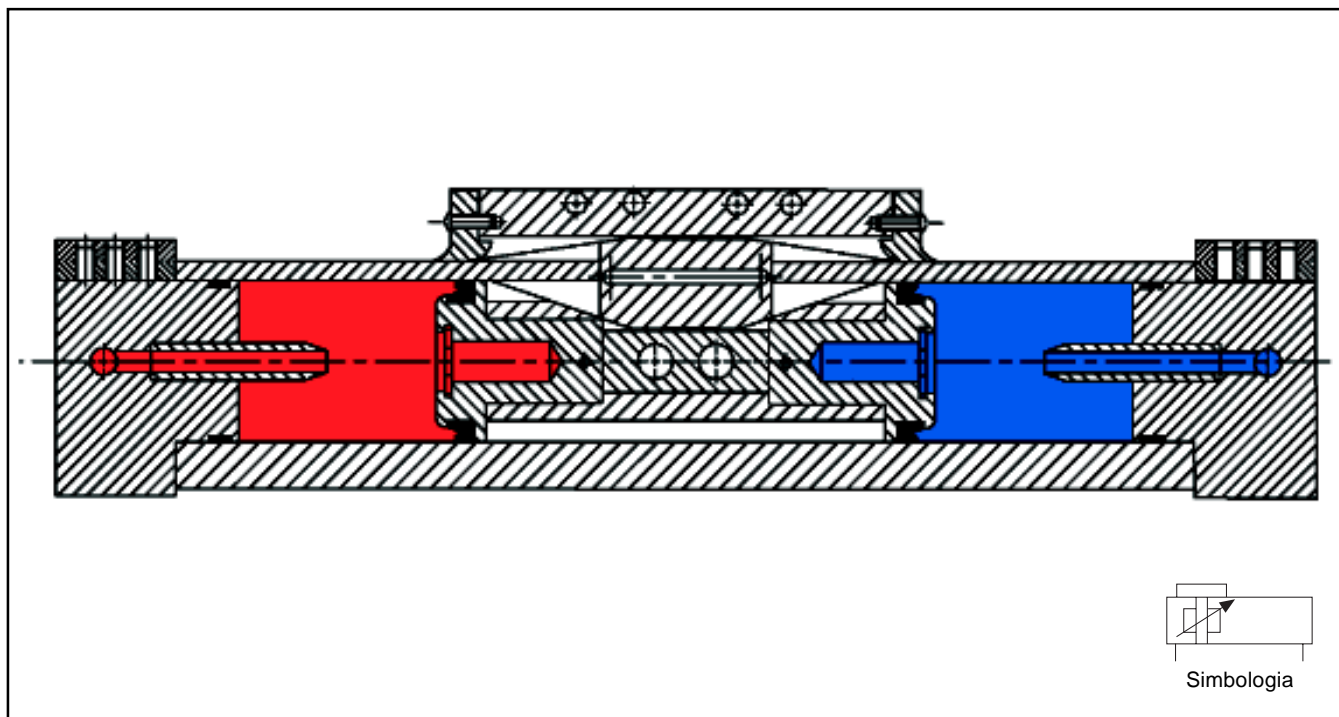
O projeto, aliado à utilização de componentes mecânicos de alta precisão, garante às guias alto desempenho, tanto para as forças de carregamento quanto para os momentos envolvidos no projeto.

Os corpos das guias são feitos em alumínio, com objetivo de permitir um conjunto leve e compacto. O desenho da placa dianteira permite a montagem combinada com toda a linha de atuadores lineares, cilindros rotativos e garras.

As guias podem ser montadas em qualquer posição, proporcionando maior versatilidade ao projeto.

## Materiais

| | |
|---|---|
| **Corpo** | Alumínio |
| **Haste** | Aço Inox (Ø 12 a 25 mm)<br>Aço SAE 1045 Cromado<br>(Ø 32 a 100 mm) |
| **Placa Dianteira** | Alumínio |

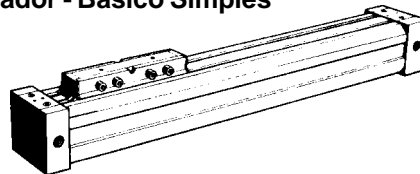
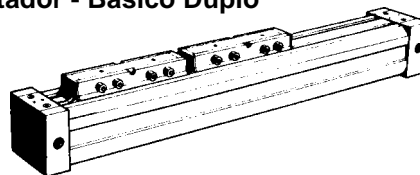
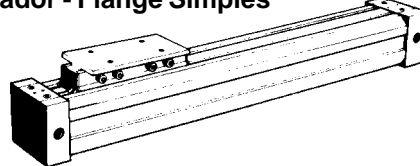
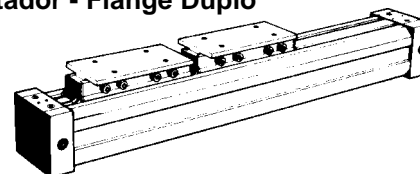
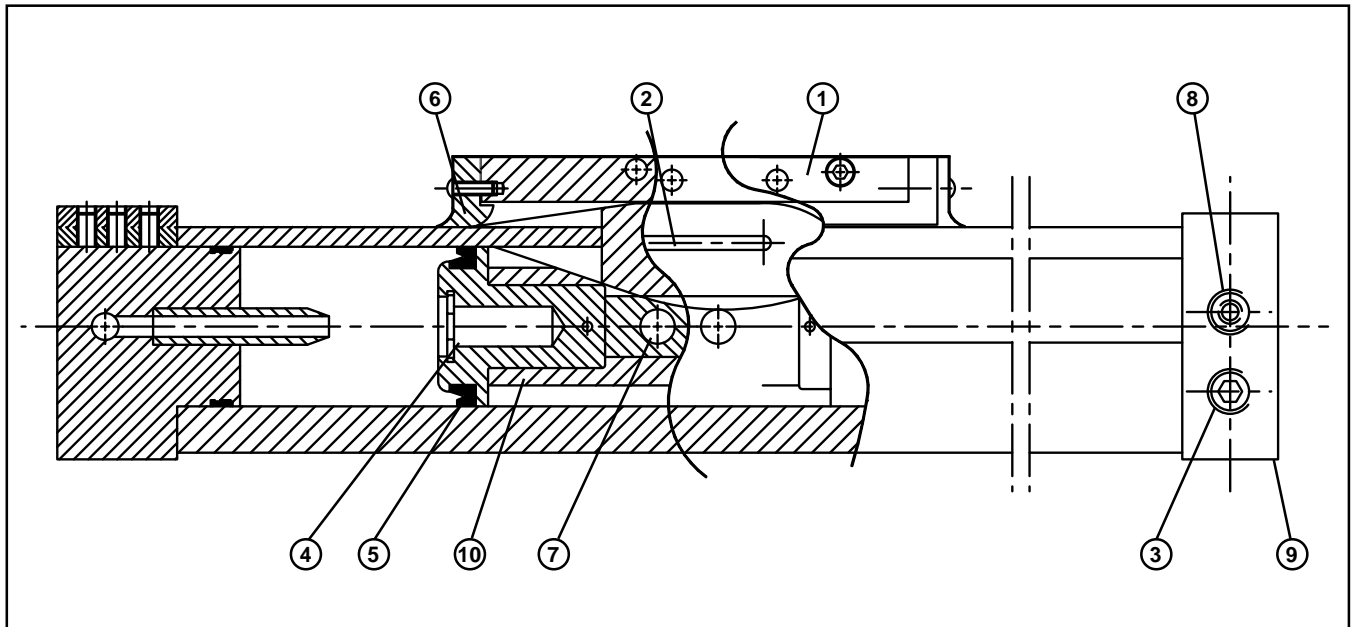
## Cilindro sem Haste

### Características Técnicas

| | |
|---|---|
| **Diâmetros Disponíveis** | 25, 32, 40, 50, 63 mm |
| **Pressão de Trabalho** | 8 bar máx. |
| **Temp.de Trabalho** | -10°C a + 70°C |
| **Fluido** | Ar comprimido filtra-do, lubrificado ou não |
| **Curso** | Até 3000 mm (standard)<br>Até 7000 mm (sob consulta) |
| **Tolerância do Curso** | ± 1 mm (até 3000 mm) |

### Materiais

| | |
|---|---|
| **Vedações** | Borracha nitrílica (Buna-N) |
| **Tubo** (corpo) | Alumínio Anodizado |
| **Cabeçotes** | Alumínio Anodizado |
| **Carro Transportador** | Alumínio Anodizado |
| **Fita Metálica de Vedação** | Aço Inoxidável |
| **Êmbolo** | Alumínio Anodizado |
| **Guias de Apoio** | Delrin® |

### Montagens

Carro Transportador - Básico Simples

Carro Transportador - Básico Duplo

Carro Transportador - Flange Simples

Carro Transportador - Flange Duplo

## Características Gerais

**1 - Suporte do Carro Transportador**
Guias de Delrin® suportam e guiam as cargas a serem deslocadas (exceto no diâmetro de 25 mm). Este sistema exclusivo transfere para as guias o esforço que seria aplicado sobre o êmbolo, aumentando a durabilidade das vedações. Além disso os efeitos negativos das forças laterais são minimizados.

**2 - Guias de Apoio**
Localizadas nas laterais do carro transportador, estas guias deslizam em canais existentes no tubo do cilindro, reduzindo o desgaste do êmbolo e aumentando a vida do cilindro.

**3 - Comunicação entre os Orifícios de Alimentação**
Furos no corpo permitem a comunicação entre os orifícios de alimentação de ar comprimido de ambos os cabeçotes, simplificando a instalação, evitando o uso de tubulações longas e reduzindo custos.

**4 - Amortecimento Regulável**
Fornecido como item standard, este sistema permite a regulagem da desaceleração do êmbolo de forma suave nos finais de curso.

**5 - Vedações do Êmbolo**
Os cilindros podem ser utilizados sem lubrificação adicional. Nas suas montagens são utilizados lubrificantes especiais que possuem espessantes à base de Teflon®, garantindo um movimento suave e longa vida útil.

**6 - Sistema de Limpeza das Guias**
Limpa e reposiciona a fita metálica superior, eliminando a contaminação das vedações internas, além de proteger as guias de Delrin®, garantindo um movimento suave para o carro transportador.

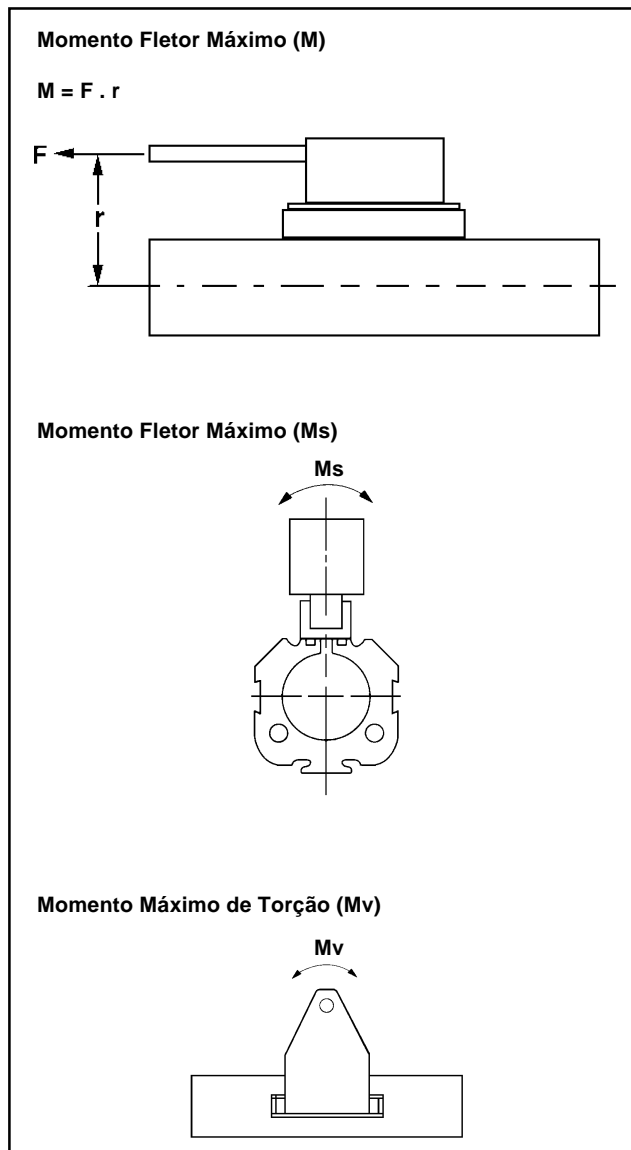
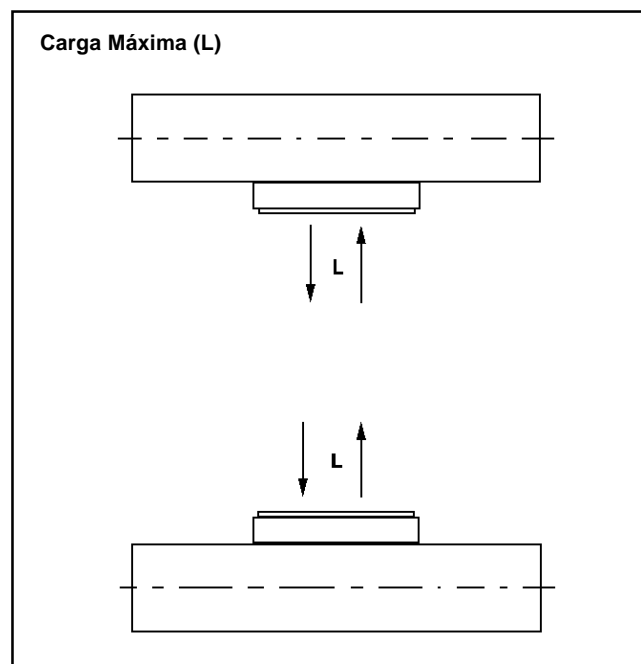
**7 - Êmbolo Magnético**
Oferecido como item opcional, permite, através da utilização de sensores magnéticos, perfeita detecção da posição do êmbolo. Os sensores podem ser montados em um canal existente na superfície externa da camisa, em qualquer posição entre os dois cabeçotes.

**8 - Parafusos de Regulagem do Amortecimento**
Possui sistema que não permite ser retirado totalmente do cabeçote, aumentando as condições de segurança na operação e manutenção do cilindro.

**9 - Facilidade de Fixação**
Dois furos roscados nas faces laterais e quatro nas faces frontais dos cabeçotes permitem inúmeras possibilidades de fixação. Os cilindros podem ser instalados sem necessidade de qualquer acessório. Se necessário, são ainda disponíveis cabeçotes com pés ou cantoneiras para montagem.

**10 - Êmbolo com Cinta de Nylon**
Aumenta a capacidade de carga e a vida útil do cilindro, eliminando o contato metal com metal. Reduz, também, de forma significativa, o atrito do êmbolo com a camisa.

## Carga e Momento

Ao especificar o Cilindro Sem Haste deve-se levar em consideração os valores dos carregamentos externos (Carga e Momento).
O cilindro, quando submetido a valores excessivos de carga, pode apresentar desgaste prematuro e/ou falhas durante a operação. Abaixo estão mostrados os tipos de força a que estes cilindros podem ser submetidos e suas respectivas capacidades (ver tabela).
Cada aplicação deve estar dentro dos limites especificados no catálogo, segundo o diâmetro do cilindro.

| Diâmetro do Cilindro | Momento Fletor Máximo | | | | Momento Máximo de Torção | | Carga Máxima L (kgf) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Carro Transportador Simples | | Carro Transportador Duplo | | Carro Transportador Simples | Carro Transportador Duplo | |
| | M (N.m) | Ms (N.m) | M (N.m) | Ms (N.m) | Mv (N.m) | Mv (N.m) | |
| **25** | 15 | 1 | 38 | 2 | 3 | 5 | 29,0 |
| **32** | 36 | 4 | 81 | 8 | 13 | 67 | 52,0 |
| **40** | 60 | 4 | 135 | 8 | 13 | 40 | 77,0 |
| **50** | 115 | 11 | 230 | 21 | 35 | 165 | 123,0 |
| **63** | 200 | 13 | 400 | 25 | 39 | 180 | 168,0 |

## Hydro-Check

Simbologia

## Descrição

Uma das vantagens em se utilizar o ar comprimido como fonte de energia é a sua compressibilidade. Entretanto, em operações de usinagem ou alimentação de peças, onde há necessidade de movimentos de precisão suaves e uniformes, a compressibilidade natural do ar pode ser uma desvantagem. Nestas circunstâncias, o Hydro-Check é usado de forma a proporcionar suavidade e precisão hidráulica a dispositivos e equipamentos pneumáticos cuja ação é rápida e resiliente. O Hidro-Check impõe um controle hidráulico, totalmente regulável ao movimento de avanço do cilindro pneumático, eliminando trepidações ou vibrações e compensando quaisquer variações na força requerida. O Hydro-Check pode ser montado em qualquer posição e pode ser preparado para regular o movimento da haste de um cilindro pneumático ou de qualquer outro elemento de máquina em qualquer ponto desejado.

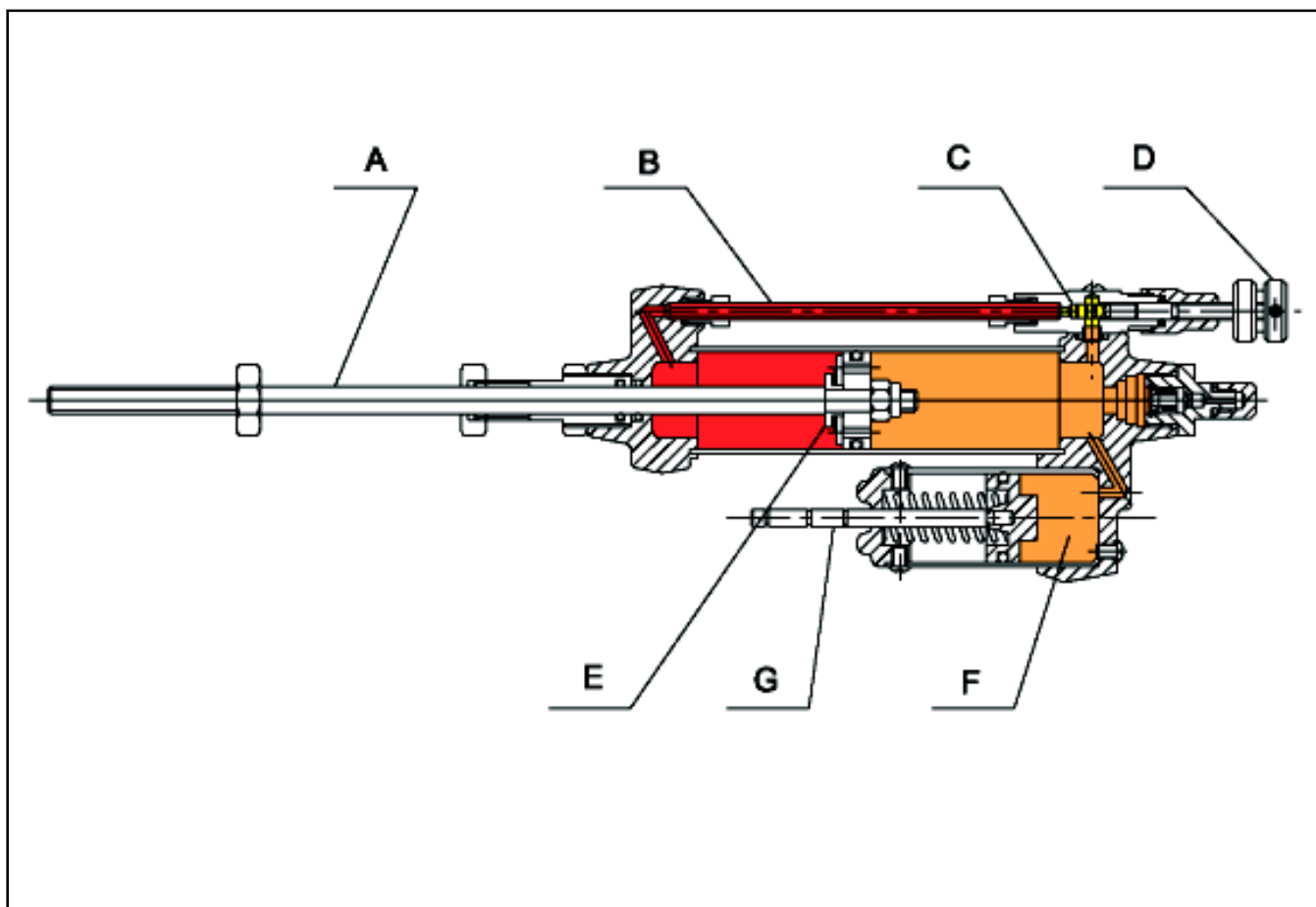
Por exemplo, em certas operações de furação, o avanço da ferramenta durante a furação pode ser desejado com regulagem ao longo de todo o curso, enquanto que em outros casos a regulagem só é necessária a partir do início da operação propriamente dita. Assim, o Hydro-Check se adapta rápida e facilmente, ajustando-se às necessidades de aplicação. Desta forma, o Hydro-Check permite rápido avanço ao ponto de início da operação, velocidade controlada durante a usinagem e rápido retorno da ferramenta ao ponto inicial. Esta unidade, compacta e versátil, oferece uma alternativa de baixo custo, que aumentará consideravelmente a vida útil de ferramentas com grande redução de peças refugadas por defeitos de usinagem. O Hydro-Check encontra um grande campo em máquinas operadas manualmente que muitas fábricas reservam para pequenos lotes de peças ou para serviços especiais. Em máquinas operadas manualmente, o uso do Hydro-Check assegura um trabalho uniforme e inalterado pela fadiga. Os Hydro-Checks da série B171-1 podem ser montados com cilindros pneumáticos de três diâmetros diferentes (1 1/2", 2" e 2 1/2")*, podendo o curso do cilindro variar de 50 até 457 mm. Estas unidades integradas podem ser montadas com o Hydro-Check em linha ou em paralelo.

A montagem em linha é utilizada onde a ação de controle é desejada ao longo de todo o percurso da haste do cilindro. A montagem em paralelo permite que a ação do Hydro-Check se faça em uma predeterminada parte do percurso da haste do cilindro.

## Características Técnicas

| | |
|---|---|
| **Carga Máxima** | Vide Informações Adicionais |
| **Tipo** | Ação no Avanço |
| **Temperatura** | 50°C (Máxima) |
| **Velocidade** | de 0,025 a 15,3 m/min |
| **Vedações** | Resistentes a Óleos Hidráulicos |
| **Óleo Recomendado** | ISO VG32 |

## Funcionamento

O Hydro-Check consiste basicamente de um cilindro, uma haste, uma válvula de controle de fluxo tipo "agulha" e um cilindro compensador.
Quando a haste (A) é movimentada no sentido do avanço, o pistão força o óleo a passar pelo tubo de transferência (B) através da válvula de controle (C) para o cabeçote traseiro do cilindro. O fluxo do óleo através da válvula (C) é determinado pela regulagem efetuada no parafuso (D) da válvula que controla a área de passagem através da mesma. Deste modo, a velocidade com que o pistão avança pode ser controlada com muita precisão.
No movimento de retorno, a válvula de 1 via (E) permite a livre passagem do óleo através do pistão.
O cilindro compensador (F) atua como reservatório para o volume de óleo deslocado pela haste do pistão (A) durante o movimento de retorno e envia esse mesmo volume de óleo ao cabeçote traseiro durante o movimento de avanço do pistão.
A haste indicadora (G) do cilindro compensador possui entalhes que determinam o nível máximo de óleo e quando deve ser reabastecido o Hydro-Check.

## Como Planejar as Aplicações no Hydro-Check

Embora indiquemos em nossos catálogos que o Hydro-Check B 171-1 está dimensionado para uma carga máxima de 545 kgf, outros aspectos devem ser levados em consideração. O valor 545 kgf diz respeito à carga axial de arraste no eixo do Hydro-Check, mas não leva em consideração o comprimento do curso de frenagem ou o número de ciclos por minuto, que determinam o deslocamento volumétrico (energia absorvida) e a formação de calor.

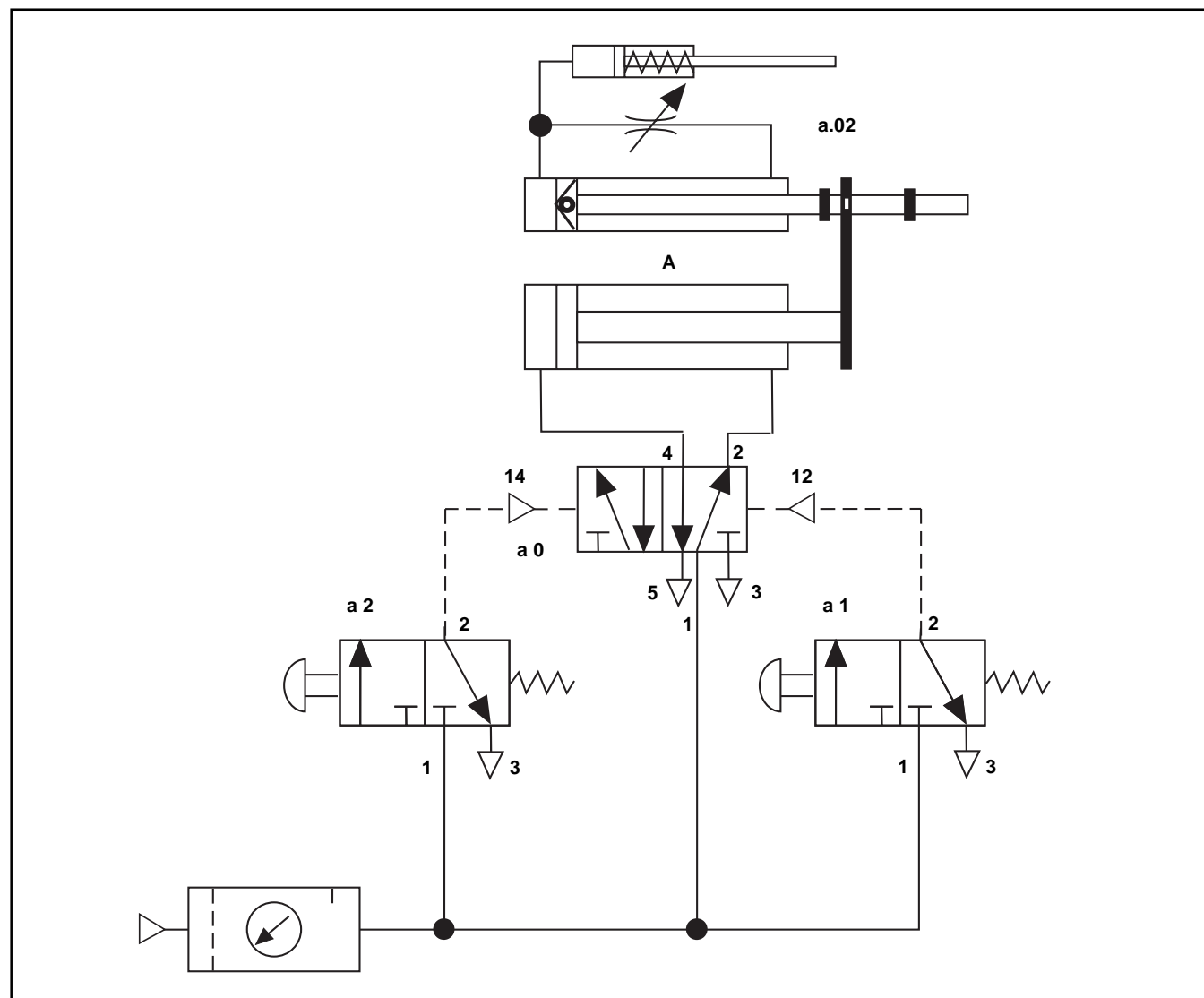
Obs.: Não utilize o Hydro-Check em temperatura ambiente acima de 50°C. Os fatores acima mencionados devem ser aplicados na fórmula para cálculo da capacidade do Hydro-Check como segue:

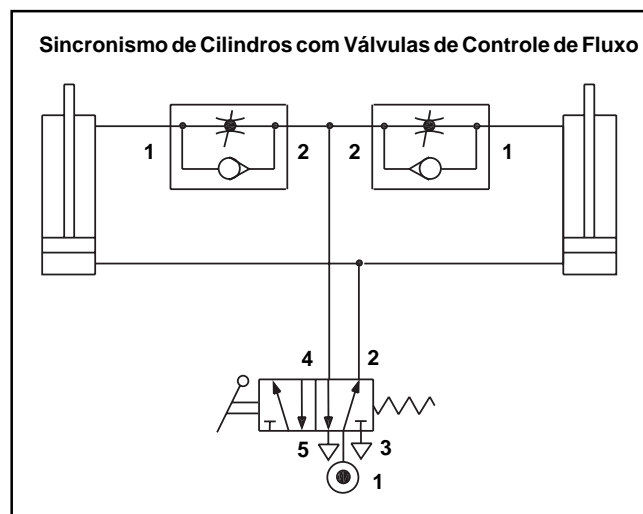
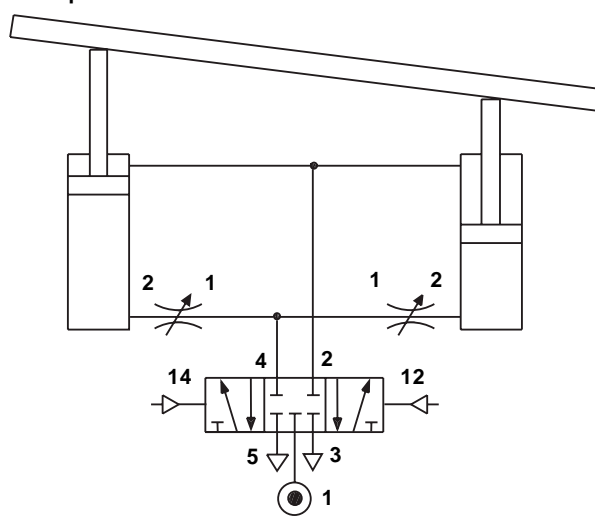
**Unidade**
P = Pressão da linha de ar em bar.
L = Comprimento do curso de frenagem em cm
A = Área do pistão do cilindro em $cm^2$
N = Número de ciclos completos por minuto
Quando multiplicamos a pressão X comprimento do curso de frenagem X área X número de ciclos (PLAN), o produto final não deve exceder 32500.

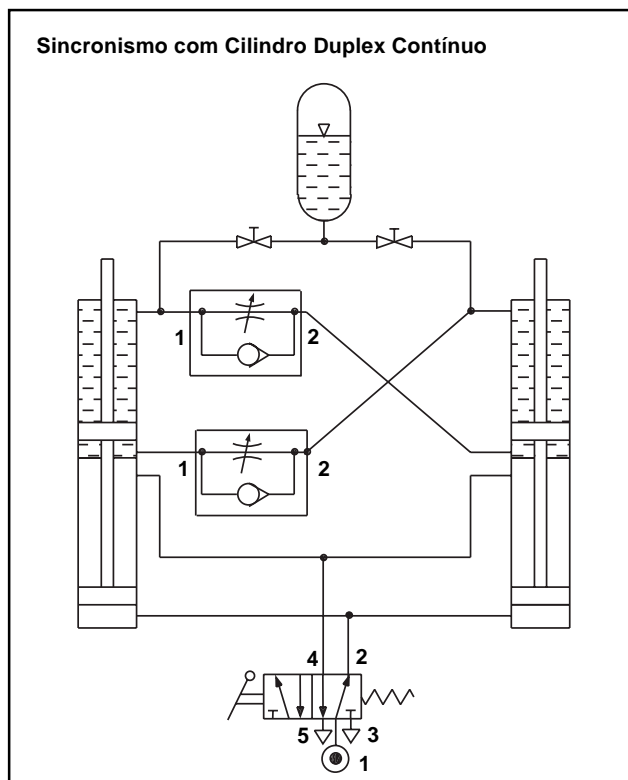
A fórmula (PLAN) não leva em consideração qualquer carga de trabalho, conseqüentemente, o Hydro-Check está resistindo à carga axial total (P X A) do cilindro. Devemos pensar em termos de carga líquida imposta sobre o Hydro-Check, que é a carga que permanece quando deduzimos a carga que está sendo levantada ou movida pelo cilindro.
Multiplicando-se a carga líquida X comprimento do curso X Área X Número de ciclos, o produto final não deverá exceder 32500. A carga de trabalho também inclui atrito do mancal e da vedação mais atrito da máquina ou ligação.
Para obter o máximo de performance e vida útil, use sempre a pressão de ar mais baixa. Isso assegura uma faixa efetiva de ajuste para o Hydro-Check, minimizando, ao mesmo tempo, a formação de calor.
Para referência futura, usando a palavra PLAN você se lembra da fórmula, sem ter que consultar o catálogo.

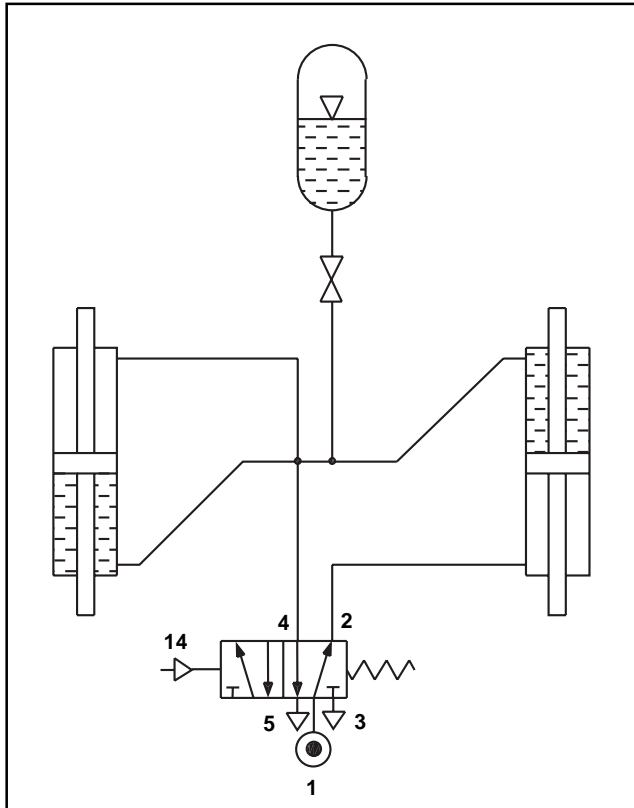
## Velocidade de Deslocamento

| **Carga Máxima (kgf)** | | 34 | 45 | 136 | 227 | 340 | 454 | 545 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Velocidade (m/min)** | **Mínimo** | 0,025 | 0,076 | 0,129 | 0,203 | 0,304 | 0,381 | 0,400 |
| | **Máximo** | 7,30 | 7,62 | 10,20 | 11,70 | 13,20 | 14,50 | 15,30 |

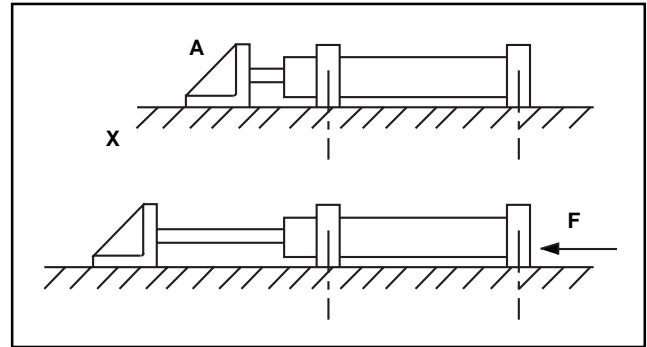
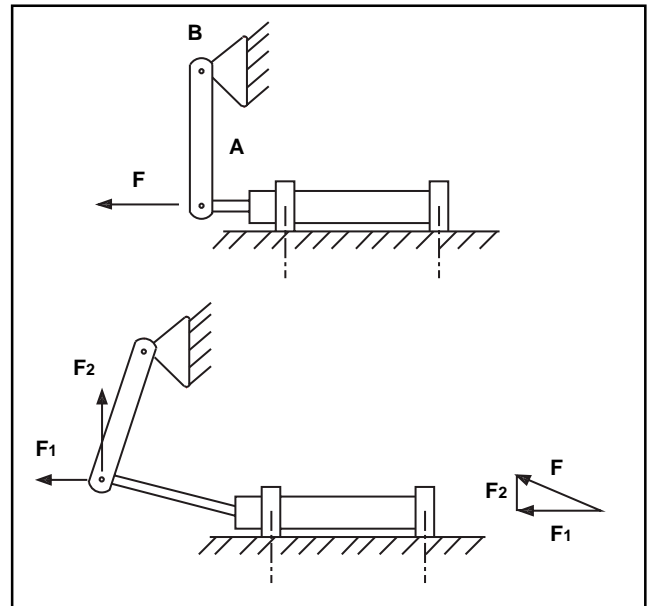
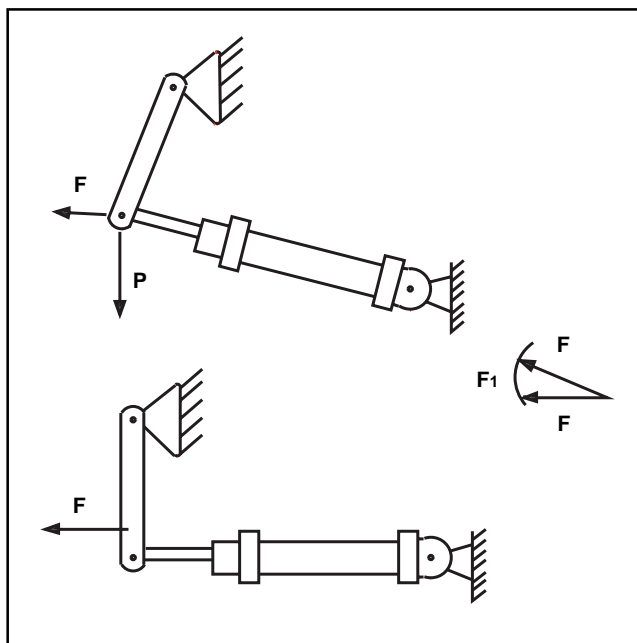
## Circuito Básico de Utilização de um Hydro-Check

**• Sincronismo de Movimentos**

Para sincronização simples, onde dois cilindros devem mover-se ao mesmo tempo, independentemente de manterem mesmo curso, o uso de válvulas de controle de fluxo é adequado para haver uma regulagem, de modo que tenham cargas de trabalhao iguais em todo o seu percurso. Em casos de sincronização com maior precisão é aconselhável usar controles para compensação de pressão em vez de válvulas de controle. Neste caso, cada válvula controla o fluxo necessitando, portanto, de duas válvulas controladoras, uma para cada cilindro.

No caso de se usar uma válvula 4/2, não é possível haver paradas no meio do curso.
Sendo necessário manter os cilindros em uma posição neutra, pode-se usar uma válvula de 4/3. A figura mostra que, embora a válvula esteja na posição central fechada, há possibilidade de uma transferência do fluido de um cilindro para outro se houver um desequilíbrio de forças quando os pistões param.
A fim de evitar a transferência de fluido no circuito, podem-se usar válvulas de retenção pilotadas para manter o fluido no cilindro até haver uma mudança de posição na válvula direcional.

**• Sincronização com Cilindros Duplex - Contínuo**

Esta é uma das maneiras de fazer com que dois cilindros Duplex-Contínuo tenham uma sincronização precisa. As câmaras traseiras operam com ar e produzem a força necessária, e as câmaras dianteiras são preenchidas com óleo, permitindo uma boa sincronização. O óleo é transportado de uma câmara para outra, sendo controlado por válvulas de controle de fluxo. As duas válvulas de controle, ao lado do compensador, se abertas, permitem preenchimento de óleo nas câmaras e, quando necessário, um ajuste de volume.

**• Sincronização com Cilindros de Haste Dupla**

Permite que dois cilindros tenham a mesma velocidade, sendo que as hastes de mesmo diâmetro fornecem um mesmo volume em ambos os lados do pistão. Um volume fixo é transferido de um cilindro para outro conforme o avanço e o retorno, desde que os cilindros estejam conectados em série.

Além dos exemplos mencionados anteriormente, pode-se conseguir sincronização de movimentos por outros meios, tais como: mecanicamente, através de alavancas; cremalheiras, fixação a um mesmo ponto de apoio; mecanismos servocomandados; controles elétricos etc.; permitindo, desta forma, maiores recursos para sincronização de movimentos.

## Fixação dos Cilindros

O rendimento final, a regularidade do funcionamento, a duração de um sistema pneumático e eletropneumático dependem muito do posicionamento mecânico de cada um de seus componentes, principalmente válvulas e cilindros.
No posicionamento dos componentes, não deve ser esquecido o fator derivado do comprimento das tubulações secundárias, curvas e distribuições, que provocam uma queda de pressão diretamente proporcional.
É lógico, portanto, examinar separadamente as coisas, buscando para cada uma a solução mais conveniente do problema. Para posicionar exatamente um cilindro, é necessário examinar atentamente o ponto de aplicação da força produzida e os vários componentes derivados do movimento.

Considere-se a figura acima, a carga desliza com movimento retilíneo sobre o plano X. Neste caso, recomenda-se aplicar um cilindro unido rigidamente ao plano. É necessário assegurar que a haste ligada à carga se mova paralela ao plano, para evitar modificações na força resultante.

Considere-se a figura acima, onde o braço (A) deve girar um certo ângulo ao redor de um pivô B.
Se for aplicado um cilindro, como foi visto anteriormente, a força F produzida, agindo sobre o braço A e com o aumento do ângulo de rotação, criará novas forças que afetarão a haste do cilindro, causando sua inutilização.

O cilindro deve ser dotado de articulação para este tipo de aplicação.
Para se obterem ótimos rendimentos no sistema de transformação do movimento retilíneo em movimento circular, é aconselhável não superar ângulos de 90°.
Sempre que o curso da haste for demasiado longo e o cilindro pesado, é ideal que o cilindro seja fixado pelo cabeçote dianteiro, para equilibrar o peso quando a haste estiver toda distendida.
O tipo adequado de fixação de um cilindro fornece maior flexibilidade na sua instalação, bem como auxilia a evitar o problema de flexão e flambagem da haste.
Para cada local de posicionamento, deve ser feito um estudo visando economia e segurança.

**• Consideração sobre Diversas Aplicações de Força**

## Deslocamento na Vertical

No caso de deslocamento de peso na vertical, antes que o pistão possa se mover, a pressão do ar deve ter valor suficiente para gerar uma força, para vencer as resistências impostas pela carga e o atrito das guarnições do êmbolo, mancal, etc.
Depois que a pressão do ar na câmara C1 equilibrou o peso e as resistências, se a pressão do ar ou a reação da carga aumentar ou diminuir, o pistão começará a mover-se para cima ou para baixo, até haver o equilíbrio novamente.
Desta forma, tornam-se difíceis paradas intermediárias a fim de carregar ou descarregar uma carga, pois o pistão move-se (supondo para cima) devido à elasticidade do ar e à inércia adquirida pelo conjunto.

A força do cilindro deve ser maior do que a da carga aproximadamente 25%, no caso de aplicações grosseiras. Para obter-se alta velocidade de avanço, o cilindro precisa desenvolver pelo menos duas vezes a força de resistência da carga.

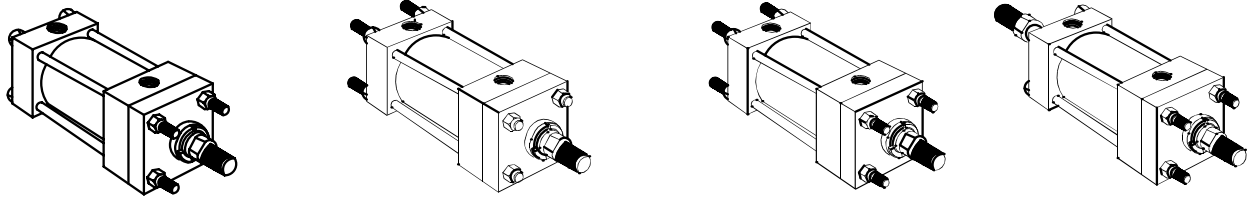
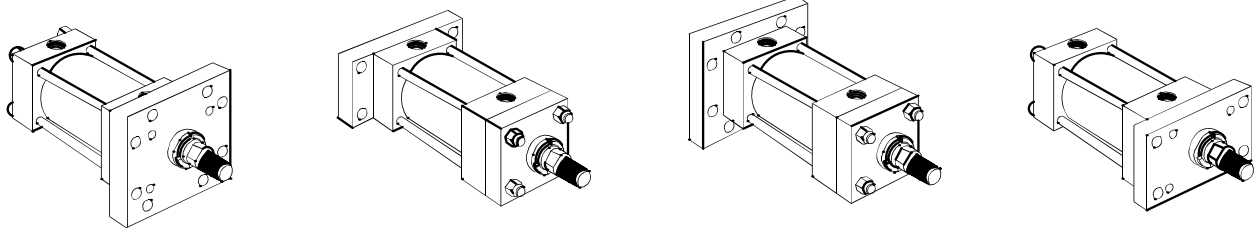
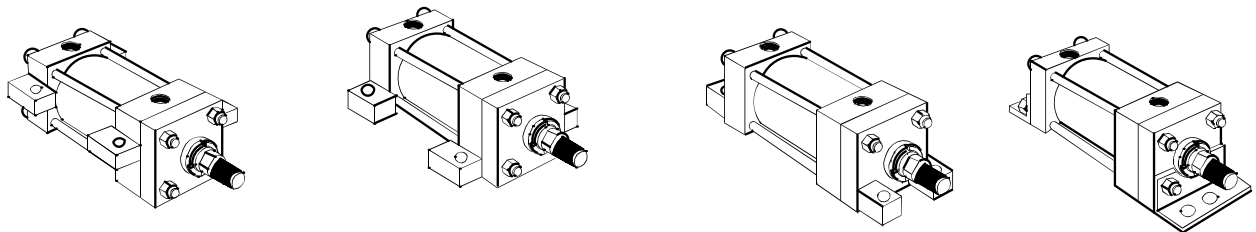
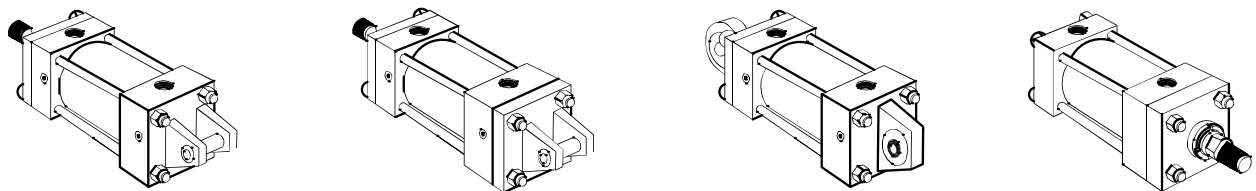
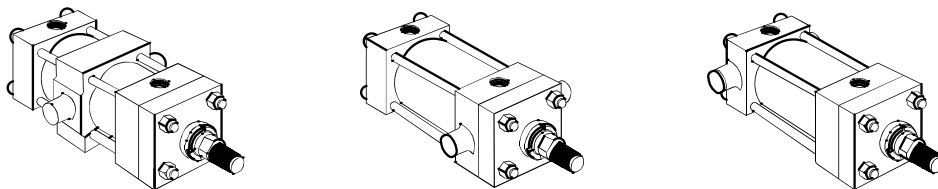
## Deslocamento na Horizontal com Aderência

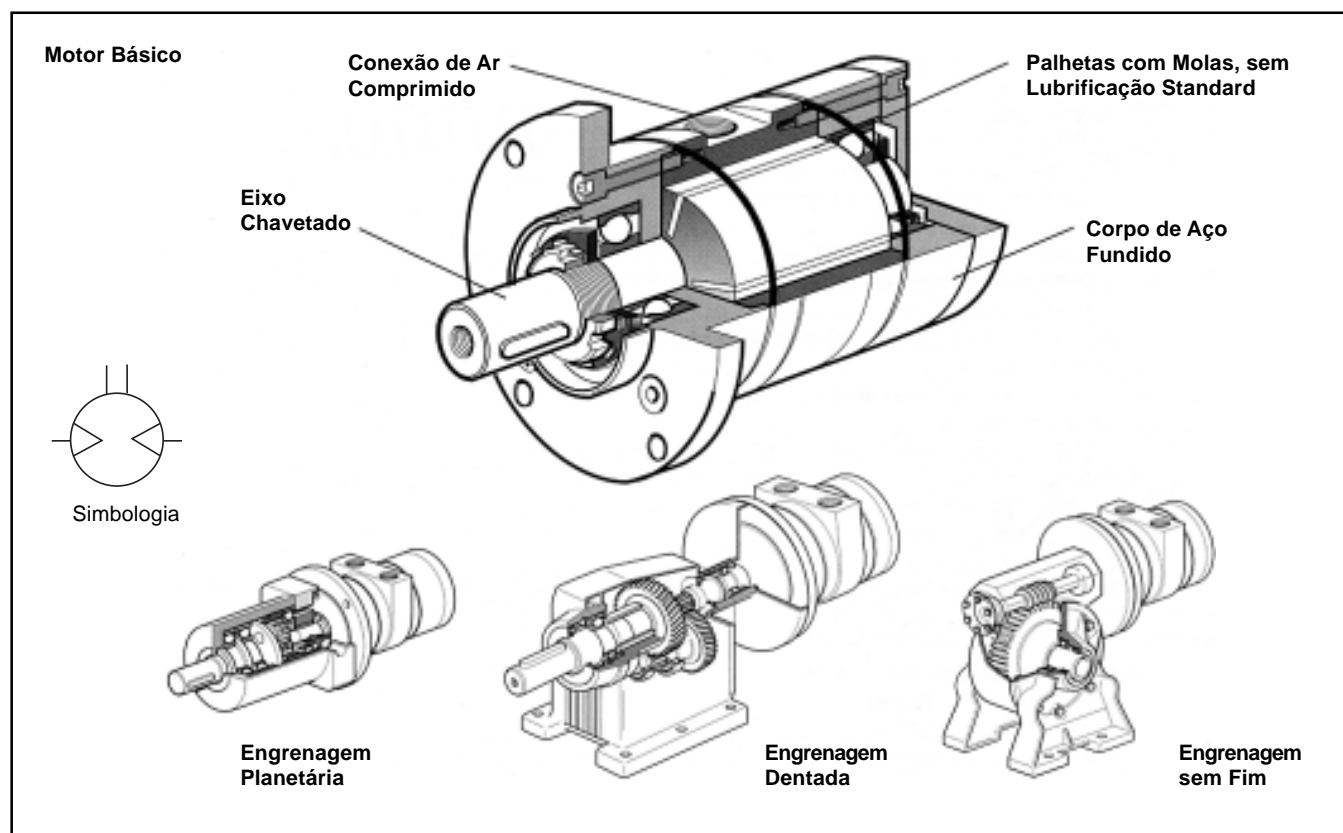
Este processo é aceito em trabalhos que necessitam de uma velocidade rápida e não controlada e em casos de pequenos atritos. Em casos onde houver grande atrito e avanço lento de carga, é aconselhável usar um sistema de ar-óleo. A força que o cilindro precisa desenvolver nesta posição, em serviço levemente lubrificado, será de mais ou menos 1/2 a 3/4 do peso da carga para romper o ponto de estática, necessitando de menos força quando em movimento.
A força exigida para o deslocamento da carga será:

$$F = P x \mu$$

sendo F a força exigida, P o peso da carga e $\mu$ coeficiente das superfícies em contato. Os valores de $\mu$ dependem da natureza do estado das superfícies de atrito.

## Tipos de Fixação ou Montagens

### Montagem por Extensão dos Tirantes

### Montagem por Flange

### Montagem por Orelhas Laterais e Cantoneiras

### Montagem Articulada e Básica

### Montagem por Munhão

## Atuador Rotativo - Motor Pneumático

Motor Básico
Conexão de Ar Comprimido
Palhetas com Molas, sem Lubrificação Standard
Eixo Chavetado
Corpo de Aço Fundido
Simbologia
Engrenagem Planetária
Engrenagem Dentada
Engrenagem sem Fim

Pode ser utilizado para aplicações leves, pesadas e exigentes. Esta série, denominada P1V-A, possui um corpo fabricado em aço fundido endurecido. As uniões de suas peças são herméticas para que os motores possam trabalhar em locais úmidos e contaminados.
Esta série de motores compreende três tamanhos diferentes:

P1V-A 160, P1V-A260 e P1V-A360, com as seguintes potências:
1600, 2600 e 3600 watts

Estes motores básicos podem ser combinados com engrenagens planetárias, dentadas ou sem fim para ganhar em regime de revolução e momento torsor desejado.

**- Motor Básico**
Estes motores são montados na fábrica, de uma forma standard, com suas palhetas tensionadas por mola, ganhando desta forma excelentes características de arranque e funcionamento e baixas rotações. Além disso, está equipado em forma standard com palhetas para funcionamento intermitente, sem lubrificação. Em uma forma excepcional pode-se pedir 100% livre de lubrificação. A construção simples garante funcionamento seguro, e uma larga vida útil em serviço.

**- Motor com Engrenagem Planetária**
Esta série de motores, combinada com engrenagem planetária, requer pouco espaço para montagem, é leve em comparação com os serviços realizados, tem livre posição de montagem, possui flange standard, eixo de saída central e alto grau de rendimento. É fabricada para um regime de rotação desde 95 RPM até 1200 RPM e com momento torsor desde 16 Nm até 160 Nm.

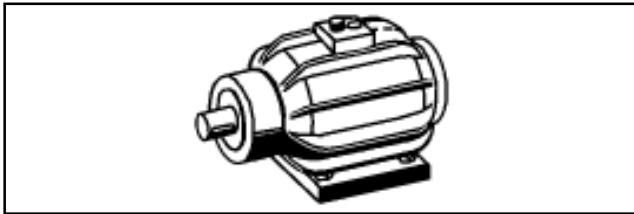
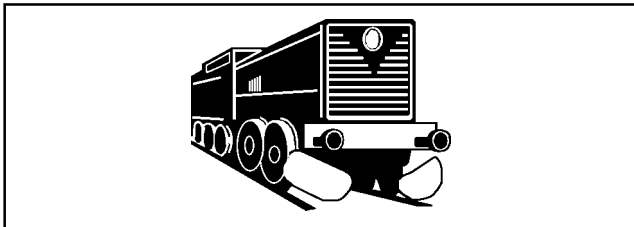
**- Motor com Engrenagem Dentada**
Quando combinado com engrenagem dentada, fornece um alto grau de rendimento, facilidade de montagem com flange e base para instalação. São fabricados para um regime de rotação desde 25 RPM até 1800 RPM e com momento torsor de 23 Nm até 1800 Nm. As engrenagens devem ser lubrificadas com óleo, porém, antes deverá ocorrer sua fixação. A posição de montagem é importante para a lubrificação das engrenagens e a localização dos pontos de preenchimento e drenagem do óleo lubrificante.

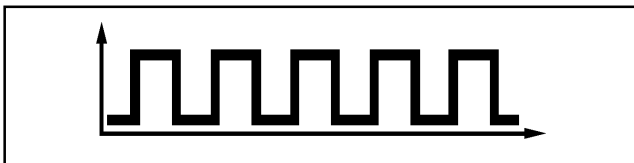
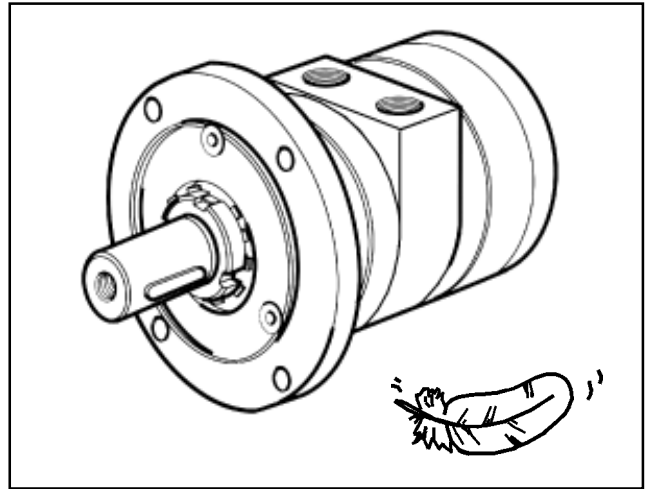
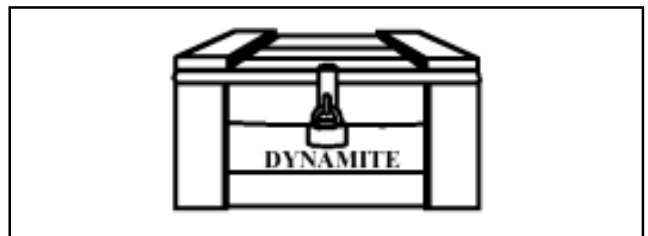
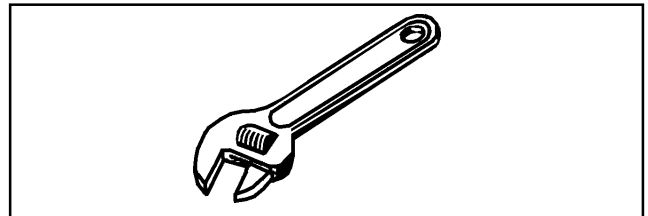
**- Motor com Engrenagem sem Fim**

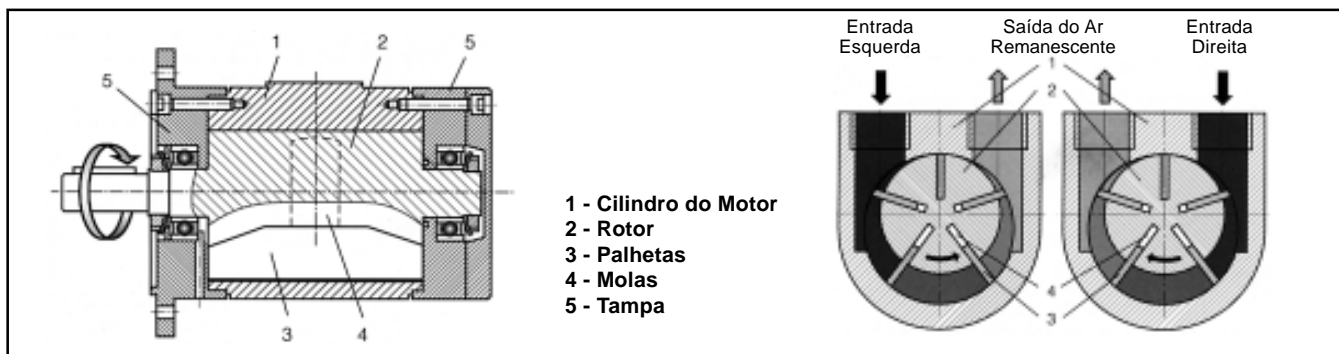
Se combinado com engrenagem sem fim possui as seguintes propriedades: as engrenagens com alta redução freiam automaticamente, o que pode ser utilizado para manter o eixo de saída numa posição definida; montagem simples com flange do lado direito e esquerdo, ou com base inclinada;

É fabricado para regime de rotação variando desde 62 rpm até 500 rpm e com momento torsor desde 23 Nm até 1800 Nm. O engrenamento é feito com óleo, mas antes deverá ser feita sua fixação. A posição de montagem é importante para a lubrificação do engrenamento e a localização dos pontos de preenchimento e drenagem do óleo lubrificante.

**- Características**

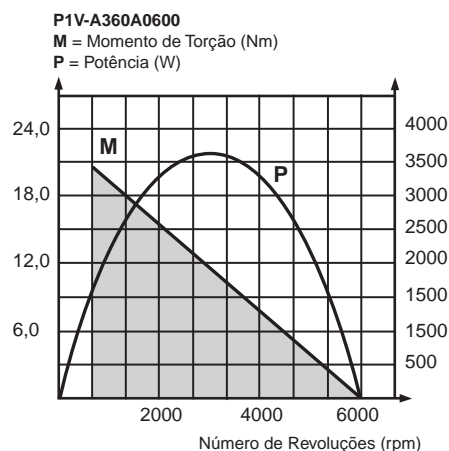
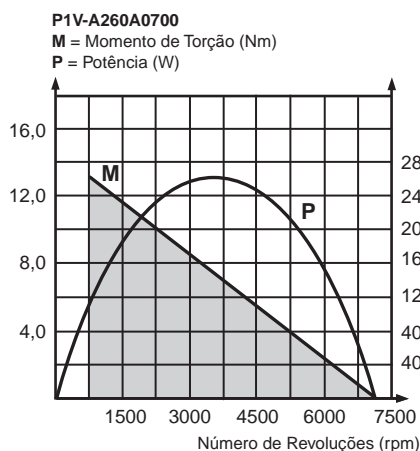
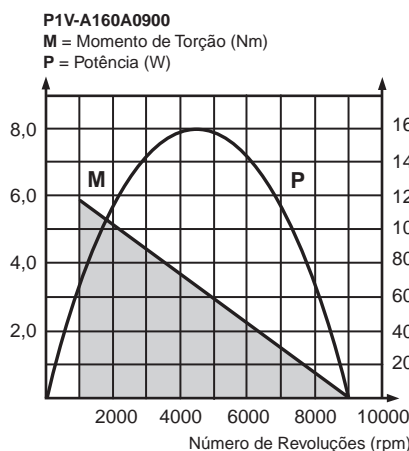
- As dimensões de um motor pneumático são inferiores às de um motor elétrico de mesma capacidade.

- Um motor pneumático pode ser colocado em carga até que pare sem perigo de que se danifique. A construção tem sido pensada para suportar as mais altas exigências de calor externo, vibrações, golpes etc.

- Nas versões standard, todos os motores são reversíveis.

- Um motor pneumático pode partir e parar continuamente sem que se danifique.

- O peso de um motor pneumático é várias vezes inferior ao de um motor elétrico de mesma capacidade.

- Um motor pneumático pode ser utilizado nas condições mais exigentes.

- Por ser de construção simples, o motor pneumático permite facilidade de manutenção.

- Os motores pneumáticos têm um funcionamento muito seguro, graças à sua construção com pouca quantidade de partes móveis.

**- Princípio de Funcionamento do Motor**

Existem vários tipos de motores pneumáticos, nós temos escolhido os de palheta por sua construção simples e funcionamento seguro. O diâmetro exterior pequeno dos motores de palhetas permite incorporá-los facilmente em todas as aplicações. O motor de palhetas consiste em um rotor com uma determinada quantidade de palhetas incorporada em um cilindro. Possui uma conexão de entrada e saída do ar comprimido. Para que tenha um início de ciclo seguro, as palhetas se mantêm contra o estator através de molas localizadas atrás das palhetas. A pressão de ar comprimido é injetada sempre em ângulo reto contra uma superfície. Devido a isso, o momento torsor do motor é o resultado da superfície das palhetas e pressão de ar.

| Série | Potência Máxima kW | Rev. Livres rpm | Rev. Pot. Máxima rpm | Momento Pot. Máxima Nm | Momento Mín. Arranque Nm | Consumo de Ar a Pot. Máxima l/s | Conexão | Ø Interno Mínimo do Tubo Ent./Saída mm | Peso kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **P1V-A160** | 1,600 | 9000 | 4500 | 3,3 | 5,0 | 32 | G1/2 | 19/19 | 4,2 |
| **P1V-A260** | 2,600 | 7000 | 3500 | 7,1 | 11,0 | 60 | G4/3 | 19/25 | 7,9 |
| **P1V-A360** | 3,600 | 6000 | 3000 | 11,5 | 17,0 | 80 | G1 | 22/32 | 16,0 |

## Curva do Momento Torsor e das Palhetas

Cada motor tem uma curva, na qual se pode ler o momento torsor e a potência de acordo com o número de revoluções. Quando o motor está parado, sem ar, e quando gira sem carga no eixo (regime de potência livre), não gera potência. A potência máxima se ganha normalmente quando o eixo gira na metade do número de revoluções máximo admissível. No regime de potência livre, o momento torsor é zero e, quando se começa a frear, o momento aumenta normalmente em forma linear até que pare. O motor pode permanecer parado com as palhetas em diferentes posições, porém é impossível conhecer de imediato o momento torsor ao iniciar suas revoluções. O gráfico indica, sem restrições, o momento e potência mínimos em um início de partida.

Área de Trabalho do Motor

## Oscilador Pneumático

## Descrição

Os osciladores incorporam características que proporcionam milhões de ciclos de operação livres de defeitos, operando a 150 psi de pressão. A fabricação em alumínio anodizado e aço inoxidável permite a operação em ambientes agressivos, tais como os da indústria de alimentos e da química. A precisão dos mancais termoplásticos autolubrificantes e os compostos especiais de vedação permitem operação contínua mesmo sem lubrificação. Esta compatibilidade com o ar seco faz uma excelente escolha para trabalho em ambiente onde se produzem produtos eletrônicos, alimentos, embalagens e em salas limpas. O revestimento interno de Teflon reduz os atritos de vedação e proporciona baixa pressão de partida, garantindo movimentos suaves e precisos no manuseio de materiais e aplicações em robótica. Isto permite também alto rendimento e eficiência gerados por um equipamento compacto leve. Várias opções podem ser acrescentadas ao produto para aumentar a sua flexibilidade. Amortecedores podem reduzir choques e ruídos, permitindo taxas de ciclos mais rápidos. A posição angular pode ser controlada tanto com reguladores de curso como batentes internos. As opções de montagem incluem: topo, base ou flanges.

## Características Técnicas

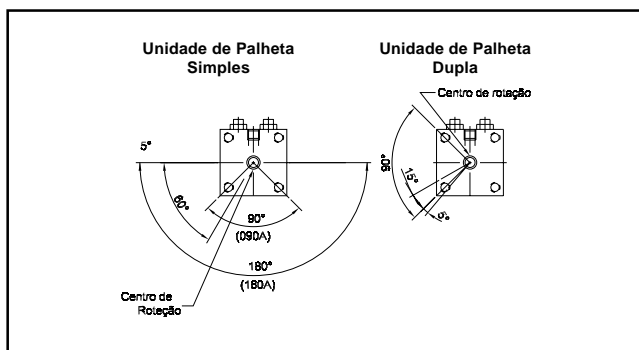
| | |
|---|---|
| **Diâmetros** | 10, 11, 22, 33 e 36 mm |
| **Tipo** | Rotativo |
| **Faixa de Pressão** | Até 10 bar |
| **Faixa de Temperatura** | -40°C a +82°C |
| **Fluido** | Ar Comprimido Filtrado, Lubrificado ou Não |

## Materiais

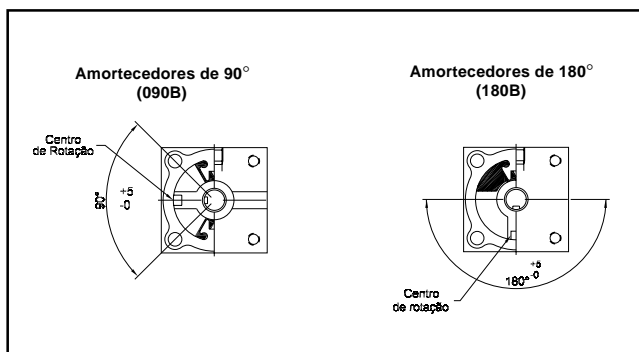
| | |
|---|---|
| **Eixo** | Aço Inoxidável |
| **Vedação do Eixo** | Buna N |
| **Mancal do Eixo** | Termoplástico |
| **Cabeçotes** | Alumínio Anodizado |
| **Vedações** | Buna N |
| **Corpo do Cilindro** | Alumínio |

## Tabela de Especificações

| **Modelo** | **Rotação Máxima** | **Torque de Saída** (kg.m) **a uma Pressão de Entrada Específica** (bar) | | | **Volume Deslocado** (cm³) | **Pressão Mínima para Partida** (bar) | **Vazamento Máx. Permitido entre Câmaras a 6,9 bar** (cfm) | **Peso** (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **3,4** | **5,2** | **6,9** | | | | |
| **PV10** | 275° ±2,5 | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 8,52 | 1,7 | 0,15 | 1,32 |
| **PV10D** | 95° ±2,5 | 0,06 | 0,12 | 0,17 | 6,06 | 1,4 | 0,20 | 1,32 |
| **PV11** | 275° ±2,5 | 0,06 | 0,12 | 0,17 | 17,04 | 1,4 | 0,15 | 1,76 |
| **PV11D** | 95° ±2,5 | 0,15 | 0,25 | 0,36 | 12,13 | 1,0 | 0,20 | 1,76 |
| **PV22** | 280° ±1,0 | 0,29 | 0,52 | 0,75 | 60,14 | 1,0 | 0,20 | 2,42 |
| **PV22D** | 100° ±1,0 | 0,69 | 1,16 | 1,56 | 42,94 | 0,7 | 0,25 | 2,47 |
| **PV33** | 280° ±1,0 | 0,69 | 1,22 | 1,74 | 142,58 | 1,0 | 0,20 | 8,16 |
| **PV33D** | 100° ±1,0 | 1,62 | 2,66 | 3,65 | 101,61 | 0,7 | 0,25 | 8,60 |
| **PV36** | 280° ±1,0 | 1,39 | 2,43 | 3,47 | 285,15 | 1,0 | 0,20 | 11,69 |
| **PV36D** | 100° ±1,0 | 3,24 | 5,32 | 7,29 | 203,21 | 0,7 | 0,25 | 12,79 |

## Regulagem de Rotação

É possível obter-se um ajuste de curso através de parafusos de regulagem.
A regulagem total varia de 60° a 190° em atuadores de palheta simples, e de 60° a 100° em atuadores de palheta duplos (95° nos modelos PV 10D/11D). A rotação é prefixada na fábrica a um nominal de 90° ou 180° (090A ou 180A).
A regulagem não é disponível para cilindros com haste passante.

## Amortecedor Fixo de 90° ou 180°

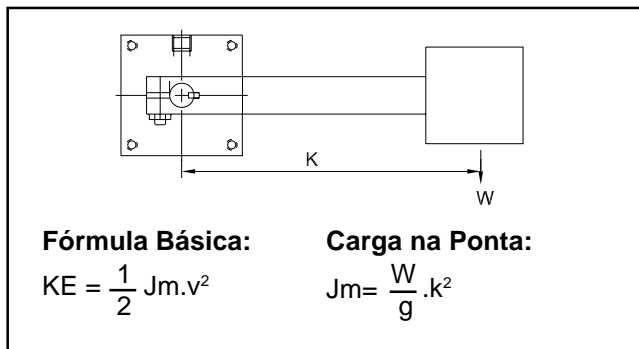
Os amortecedores fixos de poliuretano absorvem choques e ruídos, permitindo ciclos mais rápidos.

**Nota:** Os atuadores com amortecedores nos finais de curso não são disponíveis com regulagem de rotação. Amortecedores de 90° (090B) não são disponíveis nos modelos PV10 e PV11.
Tolerância de rotação: +5° -0°

## Cálculos de Energia Cinética

**Fórmula Básica:**

$$KE = \frac{1}{2} Jm.v^2$$

**Carga na Ponta:**

$$Jm = \frac{W}{g}.k^2$$

**Onde:**

KE = Energia Cinética (kg.m)
Jm = Momento de Inércia da Massa Rotatória (kg.m.s$^2$)
W = Peso da Carga (kg)
g = Constante Gravitacional (9,8 m/s$^2$)
k = Raio de Rotação (m)
v = Velocidade Angular (rad/s)

$$= \frac{0{,}035.\text{ângulo Percorrido (grau)}}{\text{Tempo de Rotação (s)}}$$

## Capacidade de Carga no Mancal e Faixa de Energia Cinética

| Modelo | Carga Radial (kg) | Carga Axial (kg) | Distância entre Mancais (mm) | Taxa de Absorção Máxima de Energia Cinética (mN.m) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Padrão | Reguladores de Curso | Amortecimento |
| **PV10** | 6,8 | 3,2 | 22 | 3,4 | 13,6 | 5,7 |
| **PV11** | 6,8 | 3,2 | 38 | 6,8 | 13,6 | 10,2 |
| **PV22** | 22,7 | 11,4 | 60 | 28,3 | 56,6 | 42,9 |
| **PV33** | 45,4 | 22,7 | 89 | 84,8 | 169,6 | 127,7 |
| **PV36** | 45,4 | 22,7 | 165 | 113,0 | 169,6 | 169,6 |

## Grippers

A série de pegadores paralelos é provida de duas garras móveis. Estão englobados os compactos pegadores precisos e seguros, desenvolvidos especificamente para serviços de automação das empresas.
Estes pegadores robustos ou leves têm várias características:

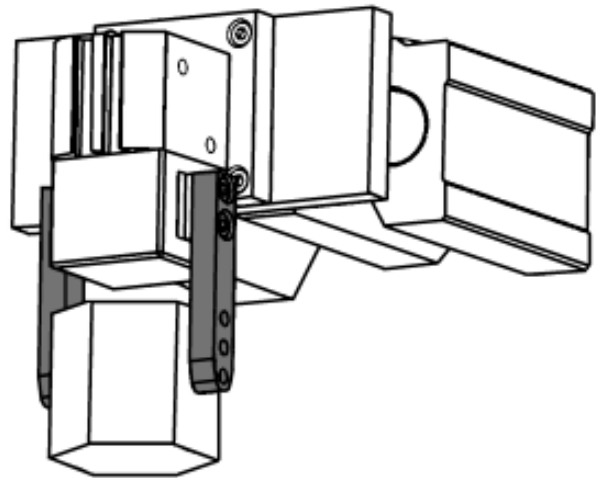
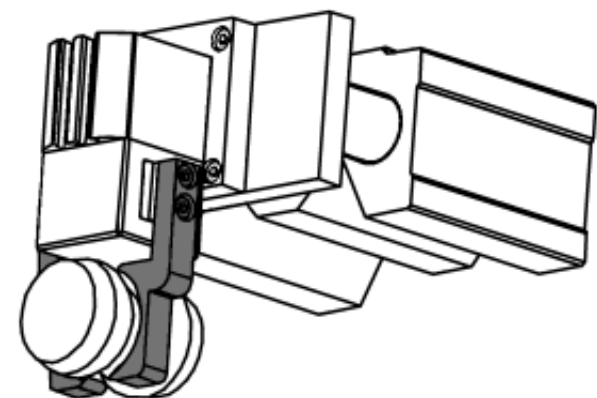
- Alta força de pega de acordo com a relação de peso.
- O curso de extensão mordente provém da força de operação da garra para curto e longo curso.
- Com a opção da ajuda de mola é oferecida uma força extra para a garra ou uma segurança durante uma falha de energia..
- Com a opção de mola de retorno permite operação para simples ação, segurança para os componentes.
- Opção de curso ajustável para os fins de curso, dando maior precisão de localização do mordente.
- A montagem dos furos pode ser traseira ou lateral e também permite montagens alternativas.

O curso e posição dos pegadores são realizados através de sensores e êmbolos magnéticos, para que seja acomodado, podendo ser sensor magnético ou controladores de vazão de ar para que haja um controle no deslocamento do mordente. Para serviços em alta temperatura é recomendado usar vedações em fluorcarbono.
A associação com outros produtos de automação é simples de ser realizada. Com tamanho compacto, baixo peso e uma vida útil que excede 10 milhões de ciclos, o pegador é a solução perfeita para o manuseio de peças pequenas em espaços limitados.

## Características Técnicas

| Conexão | M5 |
|---|---|
| Faixa de Pressão | 0,3 a 7 bar (4 a 100 psi) |
| Tipo | Dupla Ação, Simples Ação |
| Força da Garra a 6 bar | 78 a 1086 N (17,5 a 244 Lbf) |
| Repetibilidade | 0,1 mm (0,004") |
| Posição de Montagem | Sem Restrição |
| Faixa de Temperatura de Operação | Vedação Standard: -20° a 82° C (-4° a 180°F)<br>Vedação Fluorcarbono:<br>-20° a 121°C (-4° a 250°F) |
| Filtragem Requerida | 40µ, Ar Seco |

## Força Requerida

Quando se determina a força requerida para os pegadores, as garras do pegador precisam estar em condições de controlar as peças sob qualquer condição. A peça específica a ser manipulada deve estar dentro de um limite de aperto das garras e certos cuidados devem ser tomados para que não haja deformação da mesma.
Existem dois tipos de garras:
- Garra de fricção (paralela)
- Garra de abrangimento (circular interno)

## Pistão Magnético

### Standard ou Todos Pegadores

**Amortecedores**
Reduz o barulho e dissipa energia, permitindo desta forma tempos rápido de ciclos e aumento da taxa de produção.

**Sensores**
Sensores de proximidade, sensores magnéticos.

**Mordentes**
Em liga de aço endurecida são disponíveis na versão standard (menor custo) do mordente com menos força da garra.

**Conexões**
Conexão fêmea padrão m5 ou conexão opcional com controle de vazão.

**Canaleta para Sensores**
Todos os pegadores são equipados com 2 canaletas padronizadas para acomodar os sensores.

**Montagem**
Combinação lateral e traseira através de furos padrões e oferece flexibilidade de projeto. Ambas as posições de montagem oferecem furos alinhados em eixo.

**Corpo**
Feito em alumínio extrudado, que é anodizado, resultando em uma superfície uniforme, possuindo também uma película oleosa para a área do componente de vedação que garante uma vida útil mais longa para as vedações.

**Kit de Montagem**
Estão disponíveis para interfacear com outros componentes para automação.

**Múltipla Função**
O curso do mordente provoca a função de abertura e fechamento das garras

**Abertura da Garra**

**Fechamento da Garra**

## Cálculo da Força da Garra

A força da garra deve ser dimensionada de acordo com:
- Peso: o peso deve ser adequado à garra
- Aceleração: forças de partida e parada

Um fator de segurança é necessário para a precisão da máquina. O fator de segurança pode variar, dependendo da aplicação, mas em geral é sugerido um fator de segurança de:
- Garra de Fricção= 4,0
- Garra de Abrangimento= 1,25

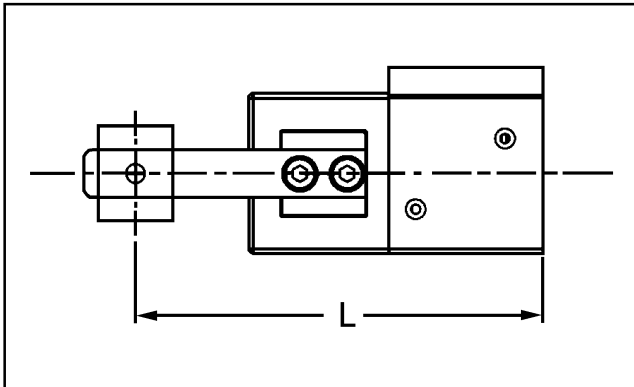
No exemplo 1 é usada força gravitacional (G+ 32,26 ft/s2) para solucionar a força de aperto do pegador.

**Exemplo 1**
Uma peça pesa 20 Lbf e está submetida a uma aceleração de 0,5g (16,1 ft/s2). Qual a força necessária da garra?

Força da Garra = Peso da Peça + Força de Aceleração = 20 Lbf + (20 Lbf x 0,5) = 30 Lbf

Para o exemplo, a solução para a força da garra:
- Garra de Fricção = 4,0 x 30 Lbf = 120 Lbf
- Garra de Abrangimento = 1,25 x 30 Lbf= 37,5 Lbf

## Torque

A ação das forças no centro de gravidade da peça a uma distância (L) para a base do pegador cria um momento torsor.

A soma dos componentes de força que agem no centro de gravidade pode ser vista através da:
- Força criada por peso estático
- Força criada através da aceleração

Torque total = Soma dos componentes de força x distância (L)

Note que o módulo da força depende da orientação da peça.
Para minimizar o torque a peça de trabalho deve ser colocada o mais próximo do topo do pegador quanto possível.

## Vedações

## História do O'Ring

Em termos de desenvolvimento humano e na área da mecânica, o O'Ring é um desenvolvimento relativamente recente. Em meados do século XVIII, O'Rings de ferro fundido foram usados como vedantes em cilindros a vapor. Mais tarde, no mesmo século, foi patenteado o uso de um O'Ring resiliente em uma torneira. Neste caso, foi especificado um canal excepcionalmente longo, devendo o O'Ring rolar durante o movimento entre as partes. O desenvolvimento do O'Ring, como nós o conhecemos hoje, foi feito por NIELS A. CHRISTENSEN, que obteve patentes nos E.U.A. e Canadá para certas aplicações.
O descobrimento da borracha nitrílica sintética (Buna-N) foi uma importante contribuição para o desenvolvimento posterior do O'Ring. Por volta de 1940, tornou-se urgente a necessidade de produção maciça para atender o esforço de guerra, o que demandava estandardização, economia e melhoramentos nos produtos e métodos de produção existentes.
Foi nesta oportunidade que iniciou-se uma grande expansão no uso de O'Rings. Hoje o O'Ring é provavelmente o mais versátil dispositivo de vedação conhecido. Ele oferece uma série de vantagens sobre outros métodos de vedação numa grande variedade de aplicações.
Os O'Rings permitem hoje a fabricação de produtos que permaneceriam nos sonhos dos projetistas, caso eles não existissem.

## Guarnições

## Guarnições Estáticas

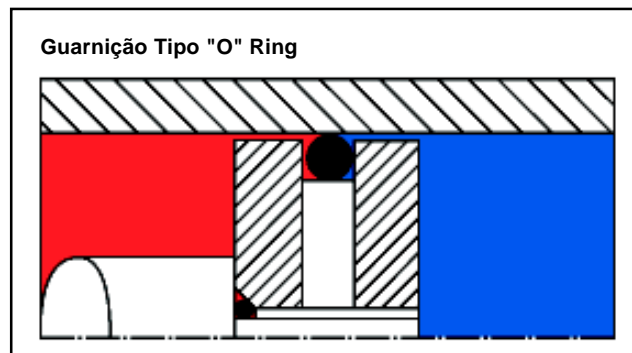
Evitam o vazamento de ar entre superfícies que não possuem o movimento relativo. Por ex.: vedação entre o tubo e os cabeçotes, vedação entre a haste e o êmbolo.

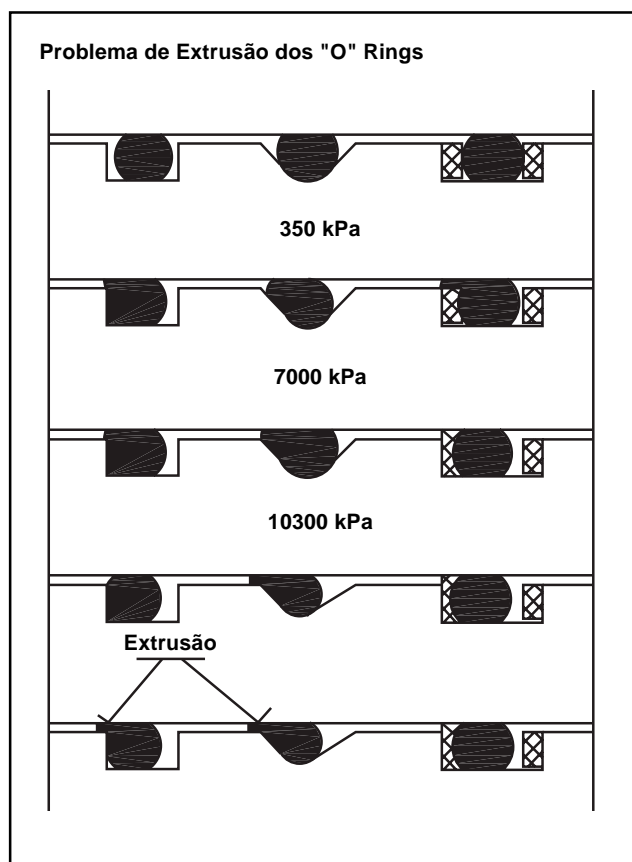
## Guarnições Dinâmicas

Evitam o vazamento de ar entre superfícies que possuem movimento relativo. Por ex.: entre a haste e o mancal, ou entre o êmbolo e o tubo.
Entre as vedações para uso dinâmico, as mais simples são as guarnições de limpeza ou separadoras da haste, que servem para mantê-la livre da poeira e outros materiais abrasivos, evitando rápido desgaste do componente.
Os tipos de guarnições dinâmicas destacadas são: "U" Cup, "L" Cup, "O" Ring.

## Tipo "O" Ring

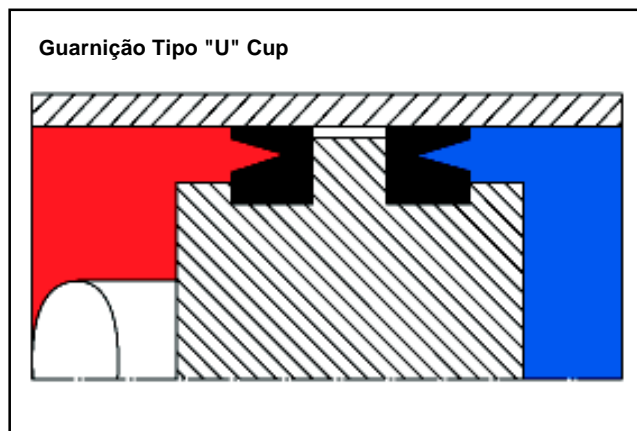
Uma das formas mais simples e comuns de vedação são anéis "O", que podem ser usados tanto em vedações dinâmicas quanto estáticas.

Guarnição Tipo "O" Ring

Os anéis "O" são normalmente alojados em sulcos do componente, devendo sofrer uma pré-compressão em um sentido para efetuar a vedação desejada.
Um problema que estes anéis apresentam é a tendência para a extrusão, quando sujeitos a altas pressões, ou seja, a tendência é serem esmagados, entrando na folga entre as duas superfícies. Para se evitar este problema, que inutiliza rapidamente a vedação, emprega-se um anel de encosto.

Problema de Extrusão dos "O" Rings

## Tipo “U” Cup

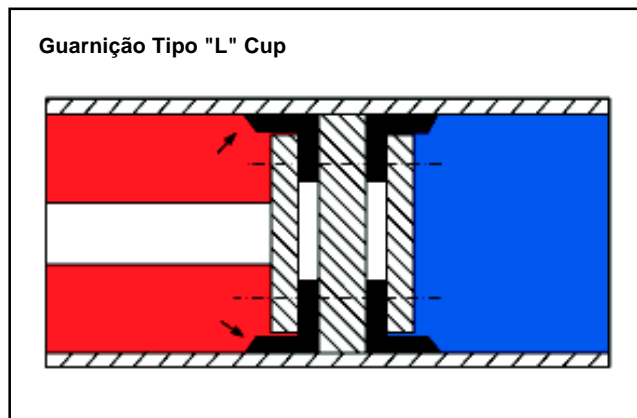
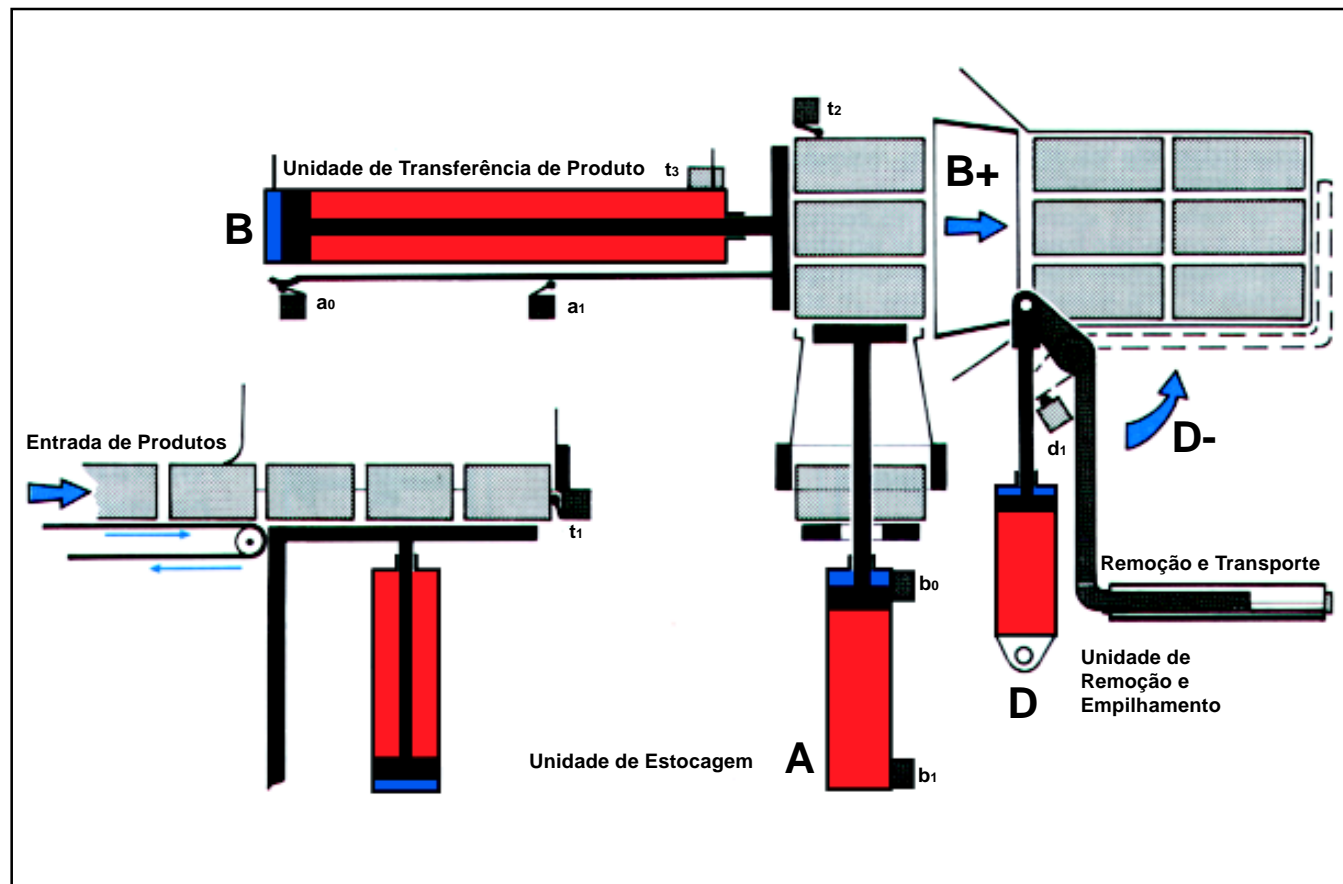
As vedações em forma de “U” têm como característica principal a montagem do êmbolo em uma só peça, facilitando sua ajustagem. Porém, elas ficam soltas dentro de seu rebaixo e podem provocar dificuldades quando sujeitas a altas pressões.
Quando se trabalha com pressões especificadas, a vedação é auxiliada por essa pressão que, agindo no interior do “U”, produz uma maior aderência deste contra as paredes do tubo, produzindo uma vedação adequada.

## Tipo “L” Cup

Estas vedações são fixas, de modo a não sofrerem alterações de posicionamento no interior dos sulcos.
Sua utilização é frequente nos êmbolos bipartidos ou onde se utilizam pressões moderadas e elevadas.
A vedação é efetuada quando a pressão atua no interior do “L”, forçando-o contra a parede do cilindro.

Quanto aos Materiais
- Neoprene
- Buna-N
- Teflon®
- Viton®

Quanto à Temperatura

| | |
|---|---|
| • Neoprene | -10°C a 80°C |
| • Buna-N | -10°C a 80°C |
| • Teflon® | -30°C a 180°C |
| • Viton® | -10°C a 180°C |

**Nota:**
Ao se especificar o material de uma guarnição, não devemos nos esquecer que, além de o mesmo atender a uma faixa de temperatura, deverá ser compatível quimicamente com o fluido em utilização.

# 9. Método de Movimento (Intuitivo)



## Representação dos Movimentos

Quando os procedimentos de comando são um pouco mais complicados, e devem-se reparar instalações de certa envergadura, é de grande ajuda para o técnico de manutenção dispor dos esquemas de comando, e seqüências, segundo o desenvolvimento de trabalho das máquinas.

A necessidade de representar as seqüências dos movimentos de trabalho, e de comando, de maneira facilmente visível, não necessita de maiores esclarecimentos.

Assim que existir um problema mais complexo, os movimentos serão reconhecidos rápida e seguramente, se for escolhida uma forma conveniente de representação dos movimentos. Além disso, uma representação clara possibilita uma compreensão bem melhor.

Com auxílio de um exemplo, pretende-se apresentar as possibilidades de representação mais utilizadas.

Exemplo:
Pacotes que chegam por uma esteira transportadora de rolos são levantados e empurrados pela haste de cilindros pneumáticos para outra esteira transportadora. Devido a condições de projeto, a haste do segundo cilindro só poderá retornar após a haste do primeiro ter retornado.

## Formas de representação

**Seqüência cronológica:**

a haste do cilindro A avança e eleva o pacote.
a haste do cilindro B avança e empurra o pacote para a esteira II.
a haste do cilindro A retorna à sua posição inicial.
a haste do cilindro B retorna à sua posição inicial.

**Anotação em forma de tabela:**

| Movimento | Cilindro A | Cilindro B |
|---|---|---|
| 1 | avança | parado |
| 2 | parado | avança |
| 3 | retorna | parado |
| 4 | parado | retorna |

**Indicação Vetorial**

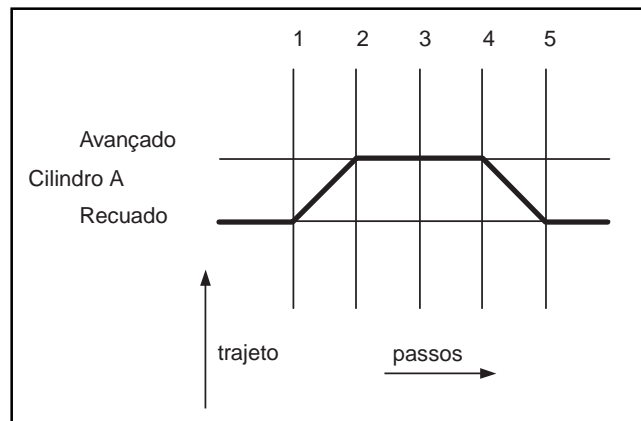
**Indicação Algébrica**

avanço +
retorno –

cilindro A +
cilindro B +
cilindro A – ou A+B+A-B-
cilindro B –

## Diagrama de Movimentos

**Diagrama trajeto-passo**

Neste caso se representa a seqüência de movimentos de um elemento de trabalho; levando-se ao diagrama os movimentos e as condições operacionais dos elementos de trabalho. Isto é feito através de duas coordenadas, uma representa o trajeto dos elementos de trabalho, e a outra o passo (diagrama trajeto-passo).

Se existem diversos elementos de trabalho para um comando, estes serão representados da mesma forma e desenhados uns sob os outros. A ocorrência através de passos.
Do primeiro passo até o passo 2 a haste de cilindro avança da posição final traseira para a posição final dianteira, sendo que esta é alcançada no passo 2. A partir do passo 4, a haste do cilindro retorna e alcança a posição final traseira no passo 5.

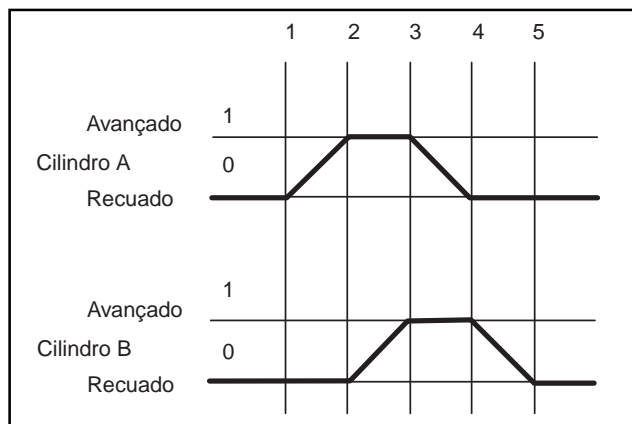
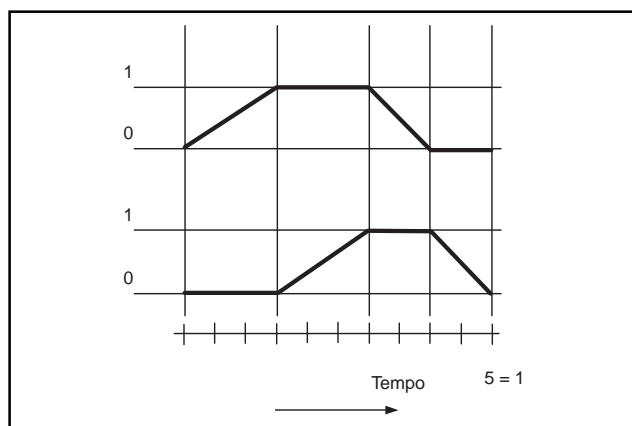
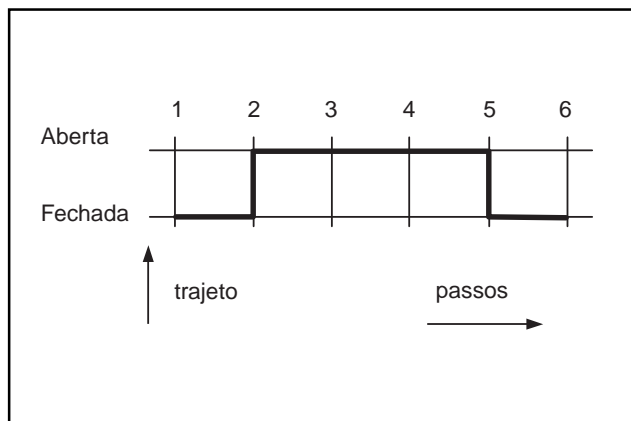



**Diagrama Trajeto - Tempo**

Neste diagrama, o trajeto de uma unidade construtiva é desenhado em função do tempo, contrariamente ao diagrama trajeto-passo. Neste caso o tempo é desenhado e representa a união cronológica na seqüência, entre as distintas unidades.

Para representação gráfica, vale aproximadamente o mesmo que para o diagrama trajeto-passo, cuja relação está clara através das linhas de união (linha dos passos), sendo que as distâncias entre elas correspondem ao respectivo período de duração do trajeto na escala de tempo escolhida.

Enquanto o diagrama trajeto-passo oferece uma melhor visão das trajetórias, e suas correlações, no diagrama trajeto-tempo pode-se representar com mais clareza as diferentes velocidades de trabalho.

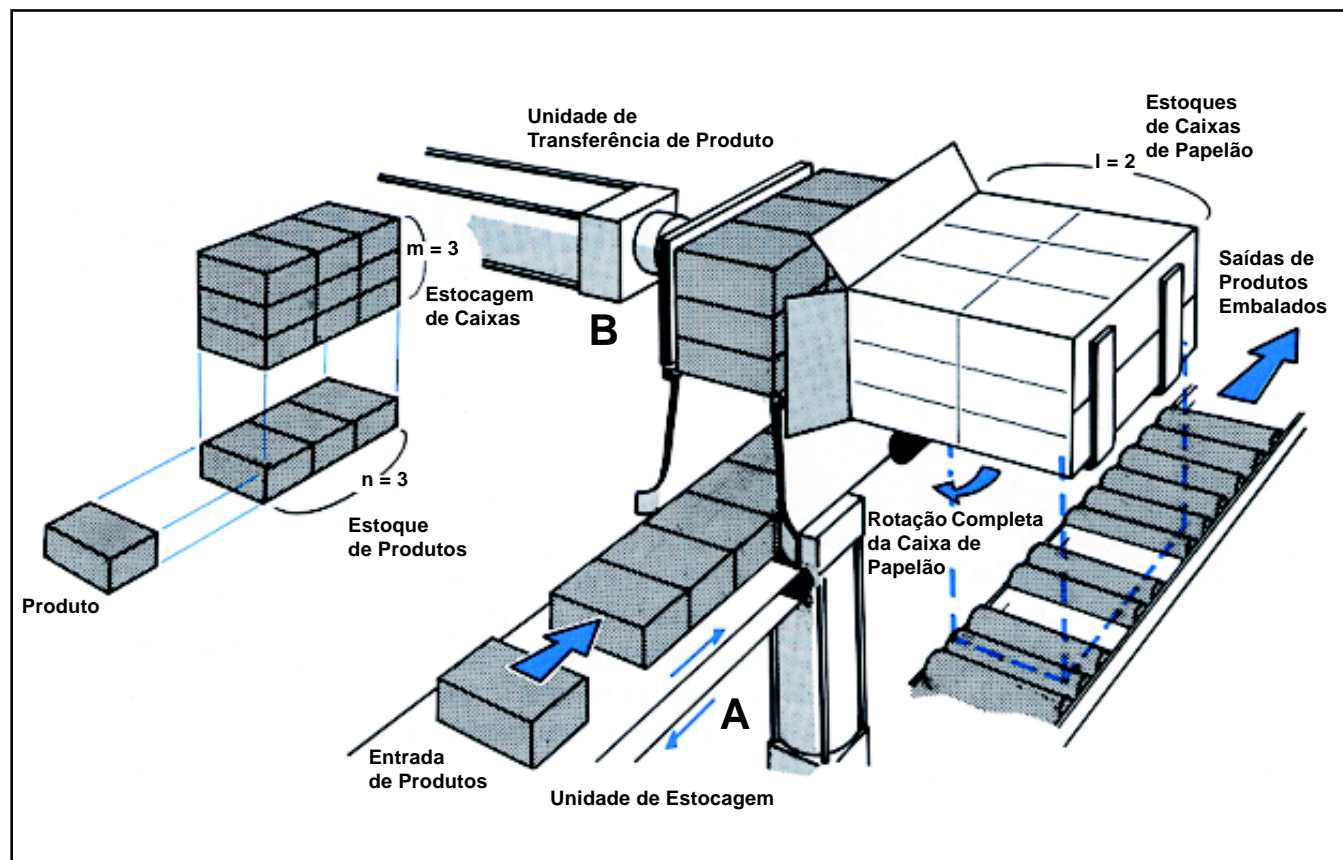
### Diagrama de Comando

No diagrama de comando, anotam-se os estados de comutação dos elementos de entrada de sinais e dos elementos de processamento de sinais, sobre os passos, não considerando os tempos de comutação, por exemplo, o estado das válvulas “a1”.

## Métodos de Construção de Esquemas de Comando Pneumáticos

## Método Intuitivo

### Exemplo: Transporte de Produtos

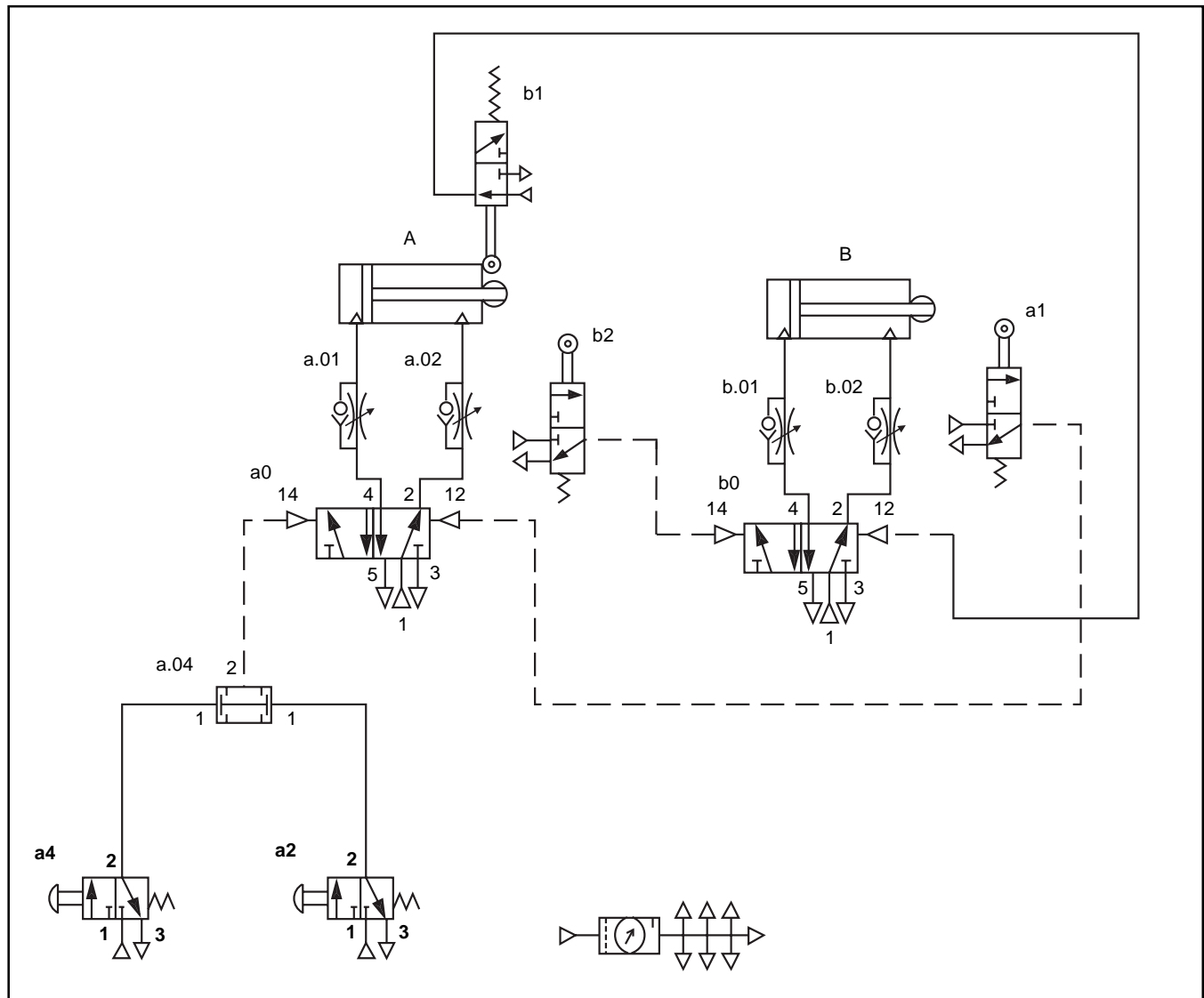
Produtos que chegam por uma esteira transportadora de rolos são levantados e empurrados pela haste de cilindros pneumáticos para outra esteira transportadora. Devido a condições de projeto, a haste do segundo cilindro só poderá retornar após a haste do primeiro ter retornado.

Unidade de Transferência de Produto
Estoques de Caixas de Papelão
l = 2
m = 3
Estocagem de Caixas
B
Saídas de Produtos Embalados
n = 3
Estoque de Produtos
Produto
Rotação Completa da Caixa de Papelão
A
Entrada de Produtos
Unidade de Estocagem

## Construção do Circuito

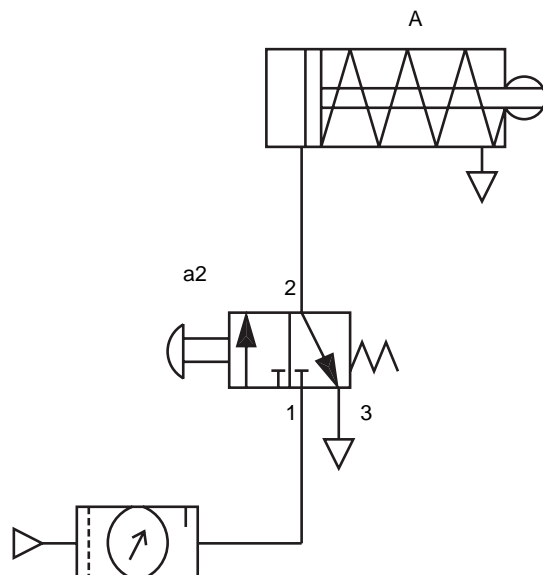
Como já foi mencionado, o procedimento para o traçado do esquema depende do desligamento do sinal. O traçado fica mais simples quando se escolhe um desligamento mediante a utilização de válvula gatilho ou rolete escamoteável.

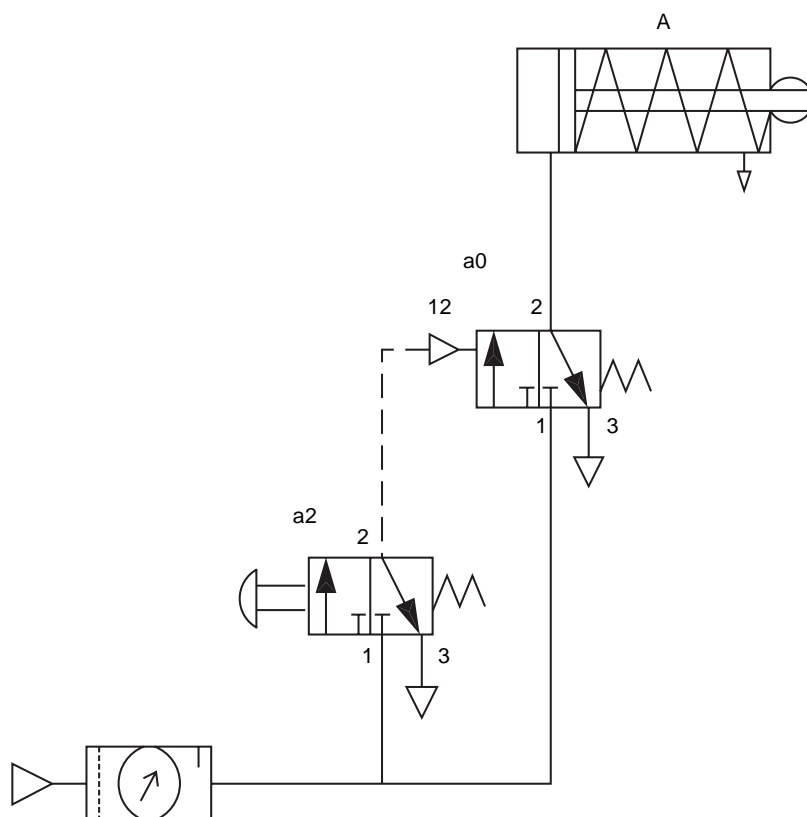
**Para a confecção do projeto recomenda-se o seguinte:**

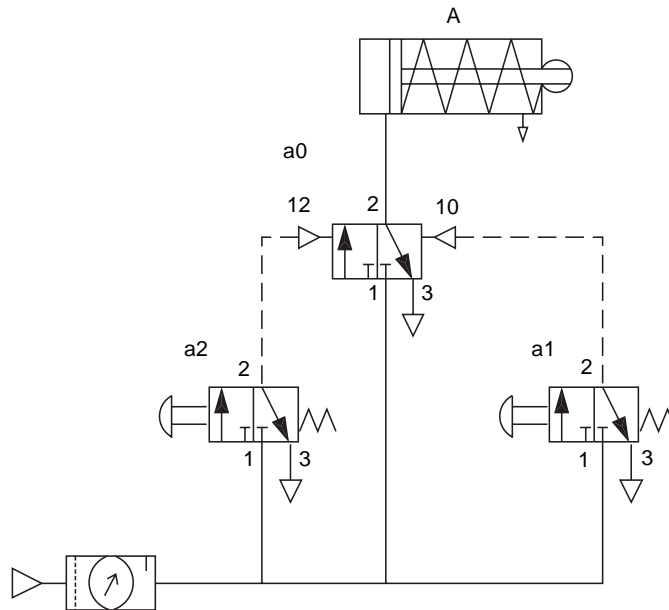
**1 -** Determinar a seqüência de trabalho;
**2 -** Elaborar o diagrama de trajeto-passo;
**3 -** Colocar no diagrama trajeto-passo os elementos fins de curso a serem utilizados;
**4 -** Desenhar os elementos de trabalho;
**5 -** Desenhar os elementos de comando correspondentes;
**6 -** Desenhar os elementos de sinais;
**7 -** Desenhar os elementos de abastecimento de energia;
**8 -** Traçar as linhas dos condutores de sinais de comando e de trabalho;
**9 -** Identificar os elementos;
**10 -** Colocar no esquema a posição correta dos fins de curso, conforme o diagrama de trajeto e passo;
**11 -** Verificar se é necessária alguma anulação de sinais permanentes (contrapressão) em função do diagrama de trajeto-passo;
**12 -** Introduzir as condições marginais.

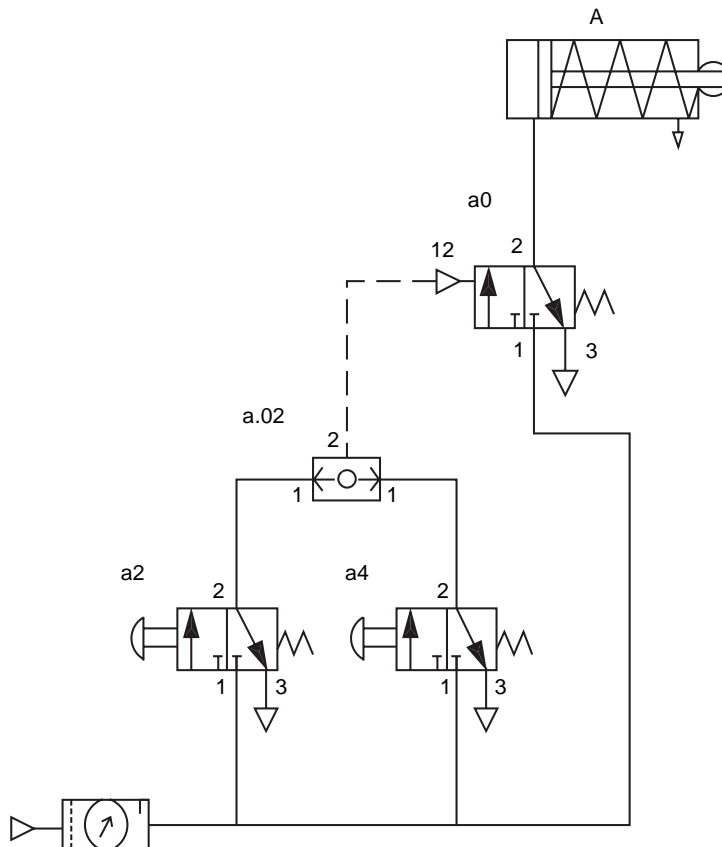
## Exemplo de Aplicação do Método Intuitivo para Forma Seqüencial A+B+A-B-

# 10. Exercícios Práticos

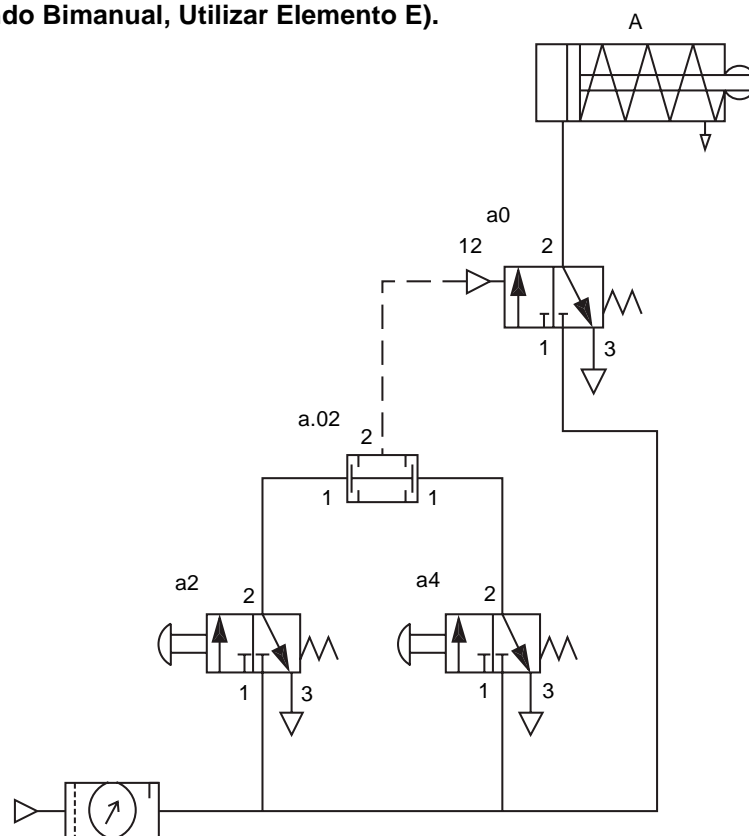
## Circuito - 01

**Comandar um Cilindro de Simples Ação (Comando Direto).**

## Circuito - 02

**Comandar um Cilindro de Simples Ação Utilizando uma Válvula Simples Piloto (Comando Indireto).**

## Circuito - 03

**Comandar um Cilindro de Simples Ação Utilizando uma Válvula Duplo Piloto.**

## Circuito - 04

**Comandar um Cilindro de Simples Ação de Dois Pontos Diferentes e Independentes (Utilizar Elemento OU).**

## Circuito - 05

**Comandar um Cilindro de Simples Ação Através de Acionamento Simultâneo de Duas Válvulas Acionadas por Botão (Comando Bimanual, Utilizar Elemento E).**

## Circuito - 06

**Comando Bimanual com Duas Válvulas 3/2 vias Botão Mola em Série.**

## Circuito - 07

**Comando Direto de um Cilindro de Dupla Ação, sem Possibilidade de Parada em seu Curso.**

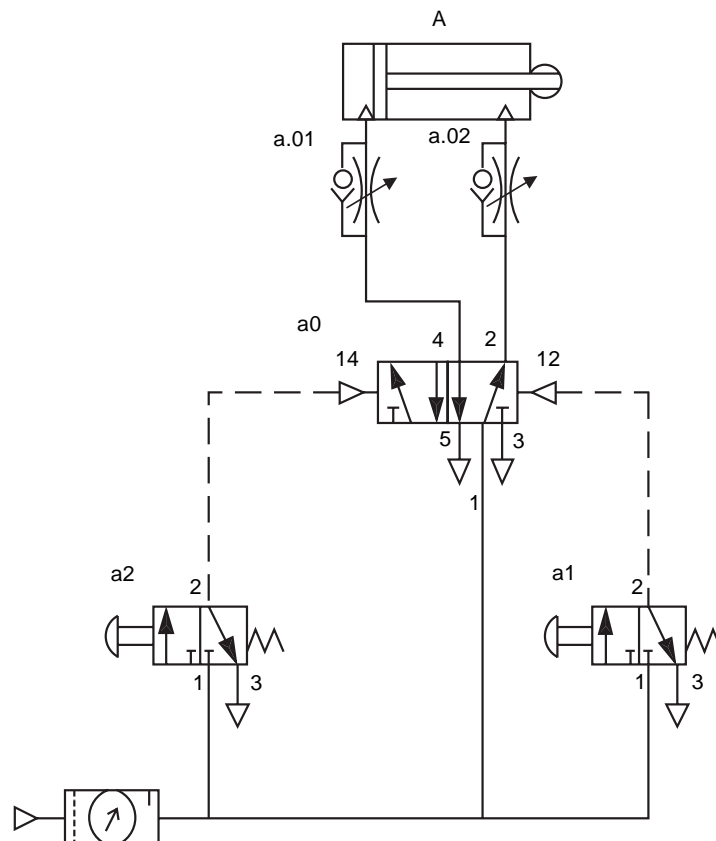
## Circuito - 08

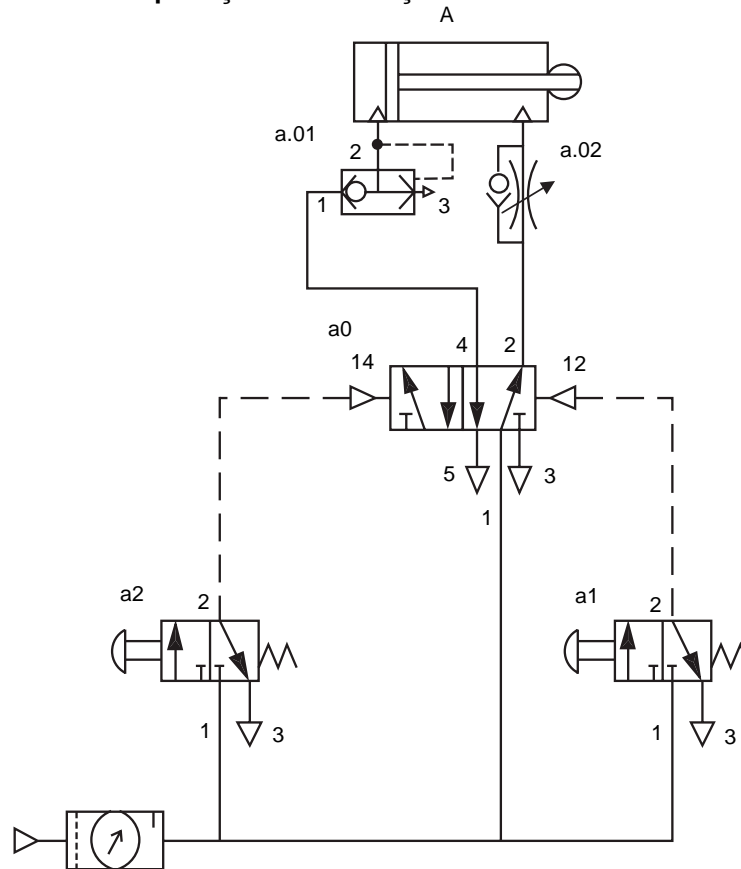
**Comandar um Cilindro de Dupla Ação com Paradas Intermediárias.**

## Circuito - 09

**Comando Indireto de um Cilindro de Dupla Ação, Utilizando uma Válvula Simples Piloto.**

## Circuito - 10

**Comando Indireto de um Cilindro de Dupla Ação, Utilizando uma Válvula Duplo Piloto e com Controle de Velocidade do Cilindro.**

## Circuito - 11

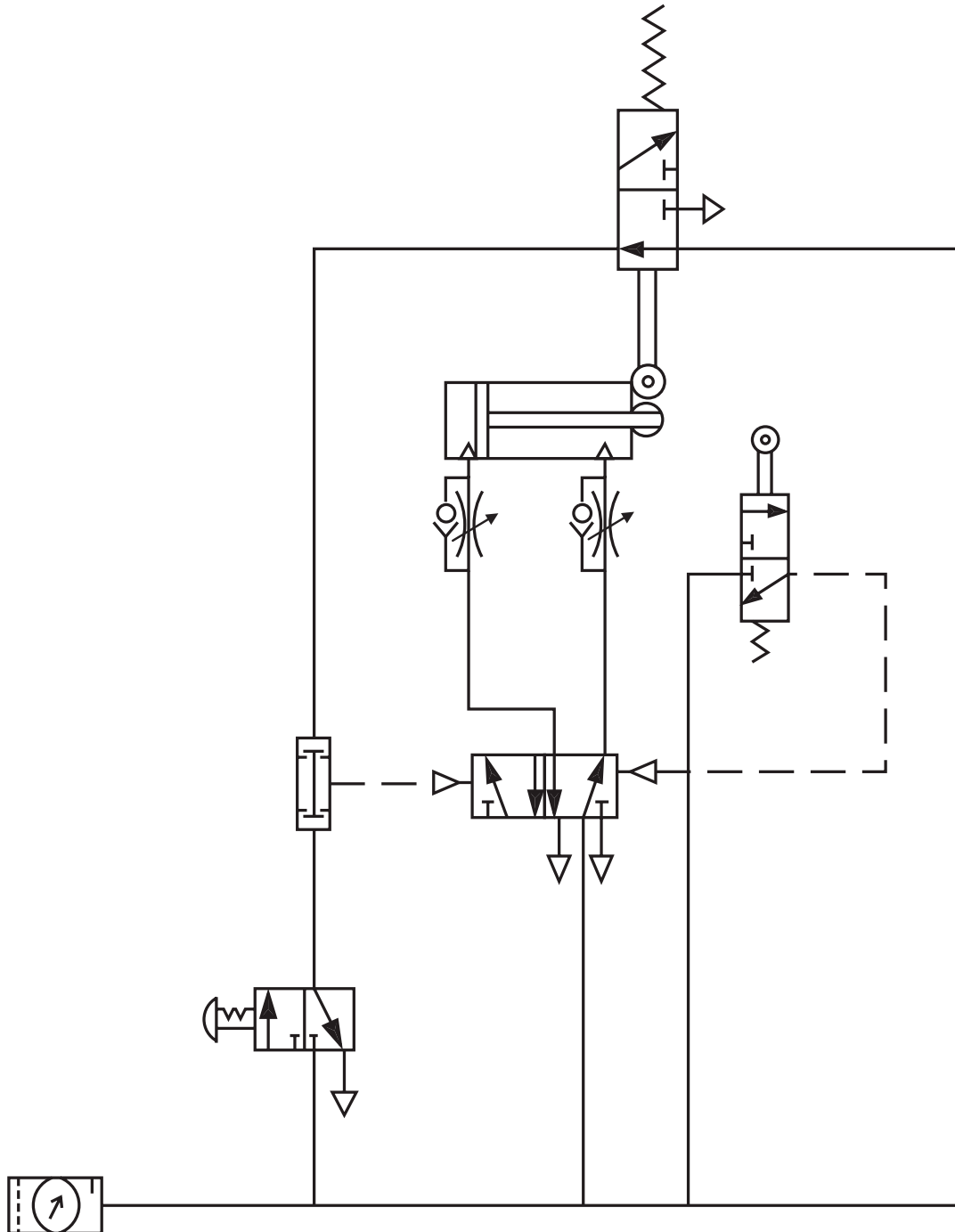
**Comando de um Cilindro de Dupla Ação com Avanço Lento e Retorno Acelerado.**

## Circuito - 12

**Avanço com Retorno Automático de um Cilindro de Dupla Ação, com Controle de Velocidade para Avanço e Retorno (Ciclo Único).**

## Circuito - 13

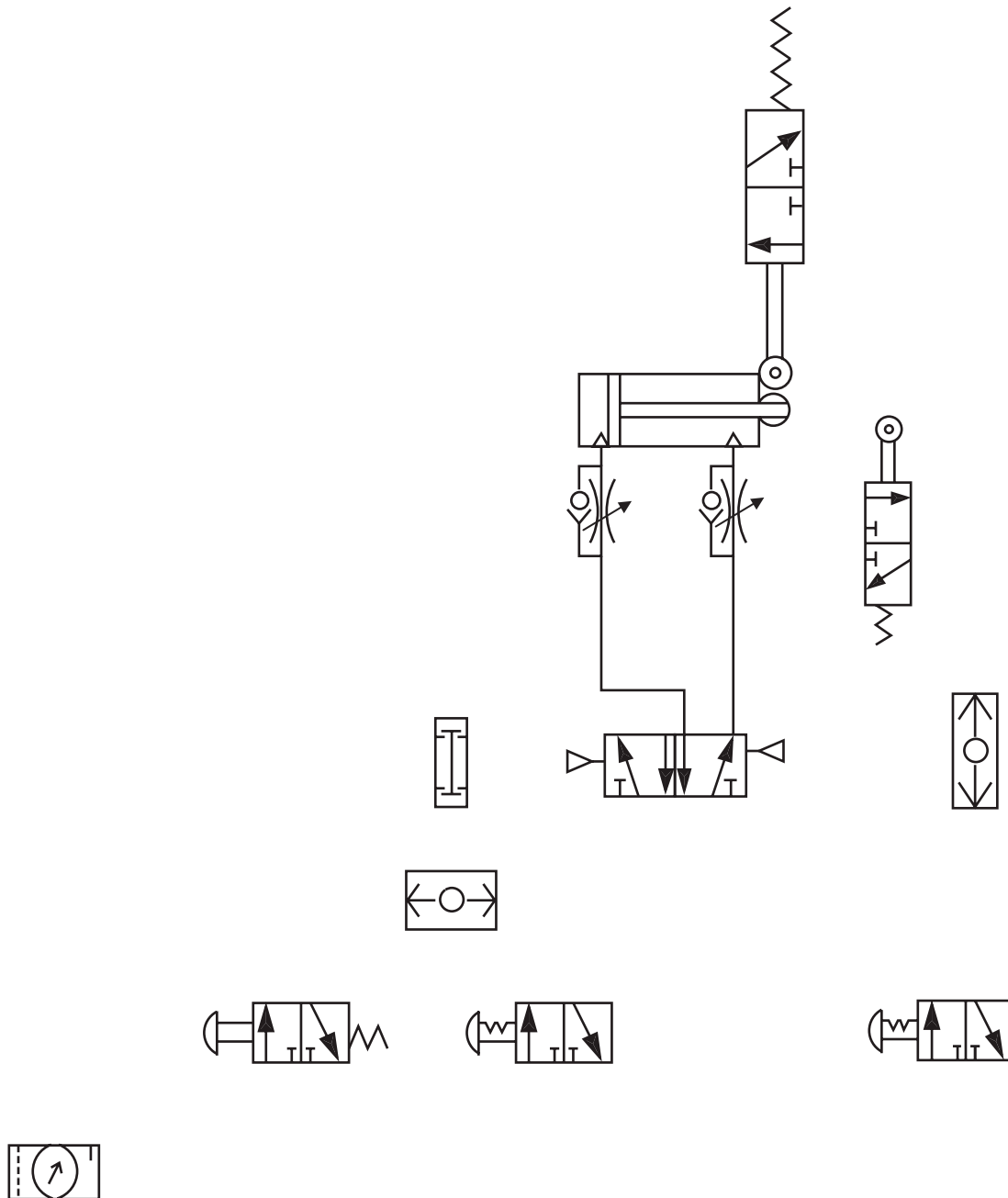
**Comando de um Cilindro de Dupla Ação com Ciclo Único, Controle de Velocidade e Emergência com Retorno Imediato do Cilindro.**

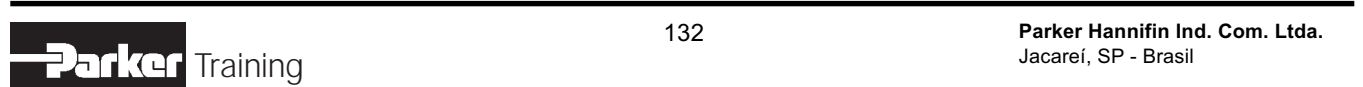
## Circuito - 14

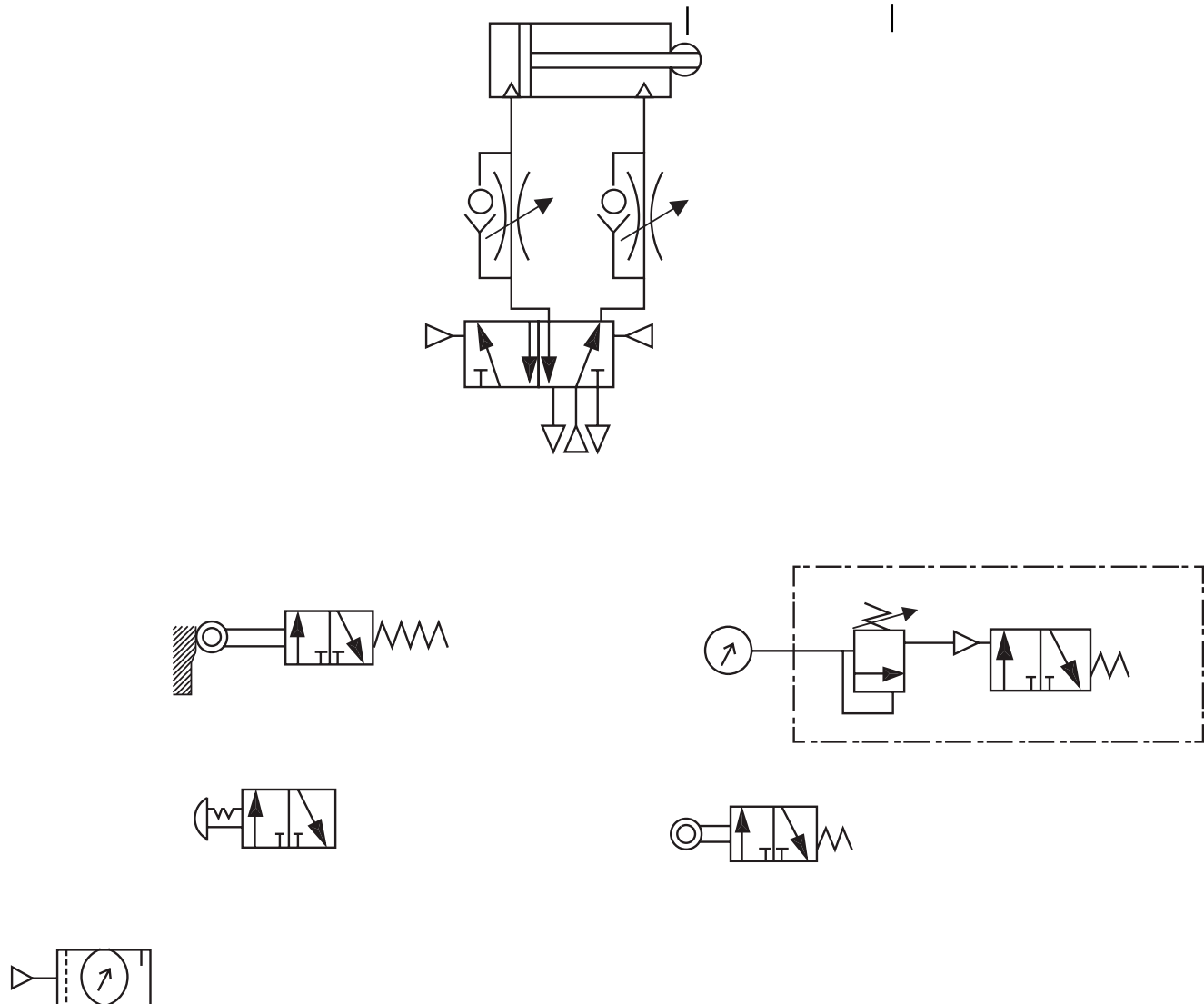
**Comando de um Cilindro de Dupla Ação, com Ciclo Contínuo Utilizando uma Válvula Botão Trava e Controle de Velocidade.**

## Circuito - 15

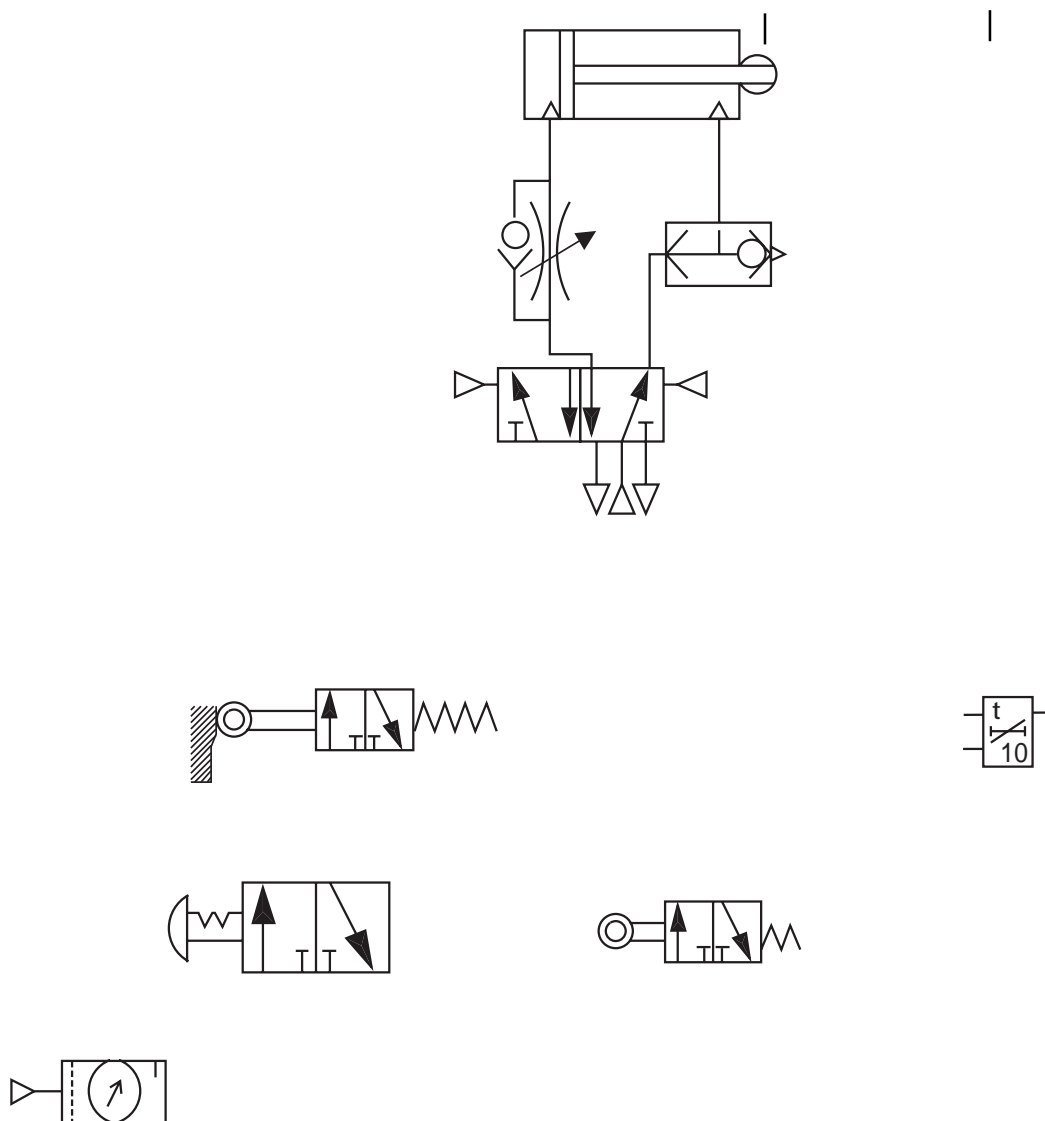
**Comando de um Cilindro de Dupla Ação com Opção de Acionamento para Ciclo Único ou Ciclo Contínuo.**

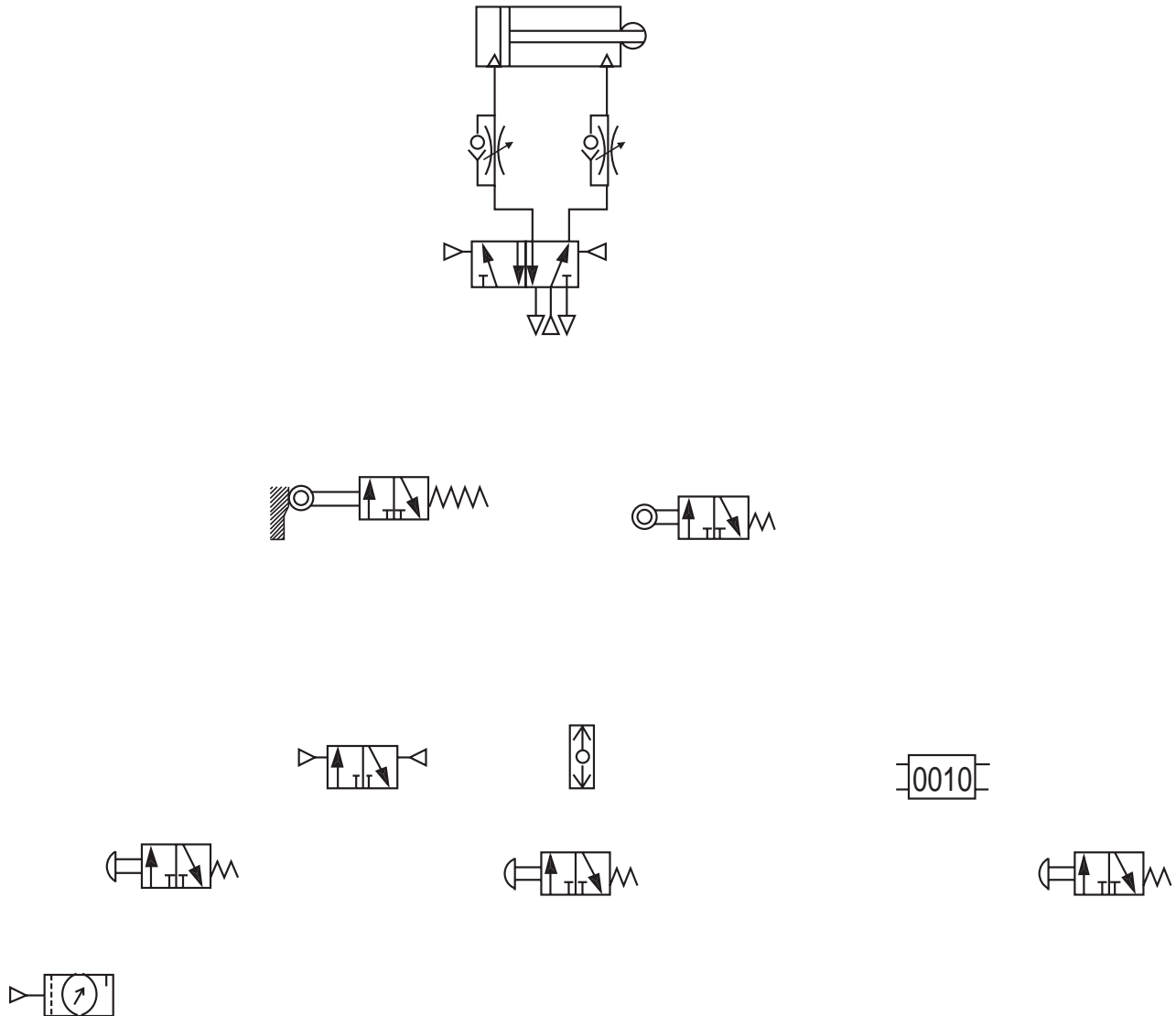
## Circuito - 16

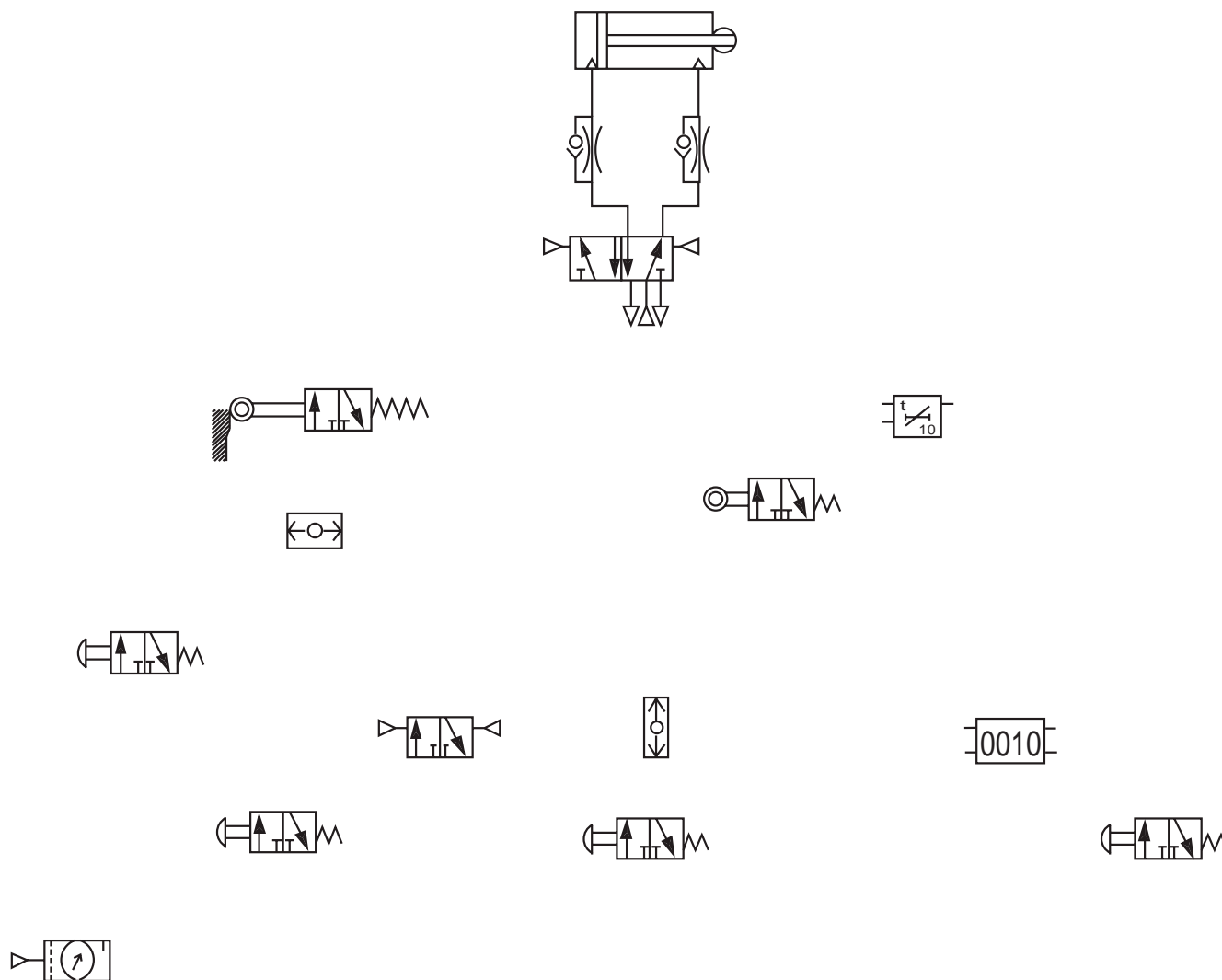
**Comando de um Cilindro de Dupla Ação com Ciclo Único ou Ciclo Contínuo e Emergência com Retorno Imediato do Cilindro.**

## Circuito - 17

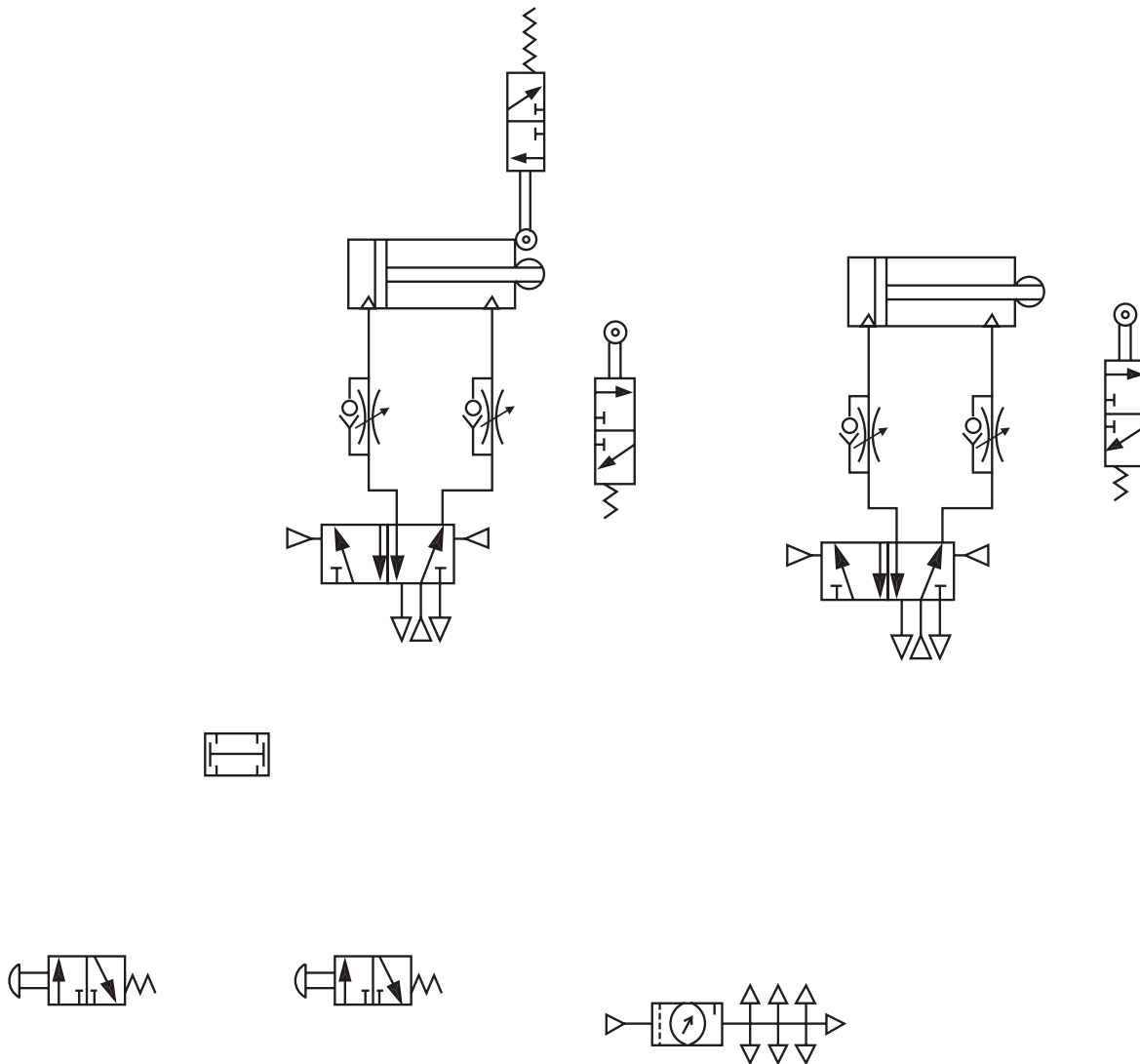
**Comando de um Cilindro de Dupla Ação Através de Três Sinais Diferentes e Independentes com Confirmação de Posição Inicial.**

## Circuito - 18

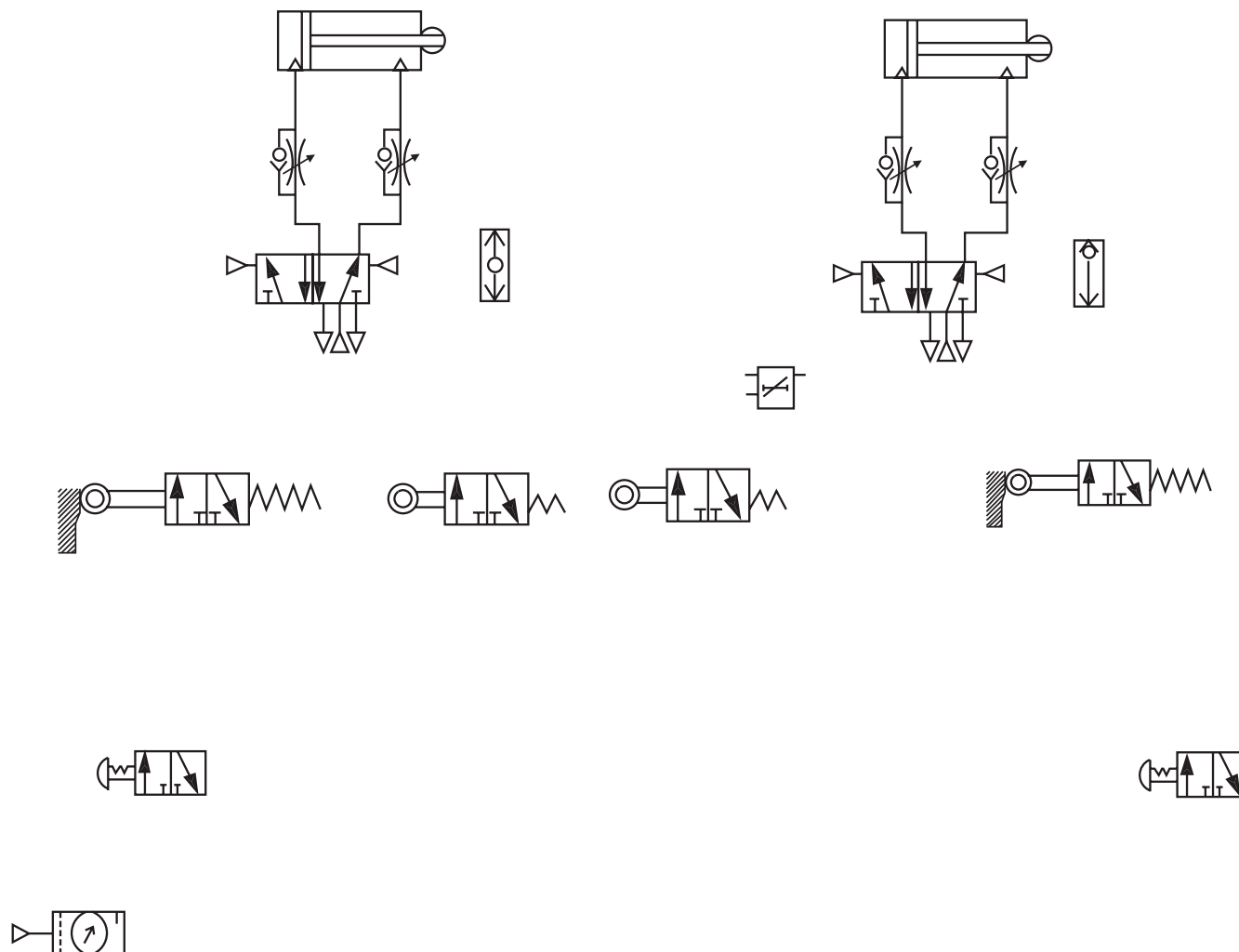
**Comando de um Cilindro de Dupla Ação com Controle de Velocidade, Ciclo Contínuo Utilizando Válvula Botão Trava. Retorno do Cilindro Através de Pressão Diferencial do Sistema.**

## Circuito - 19

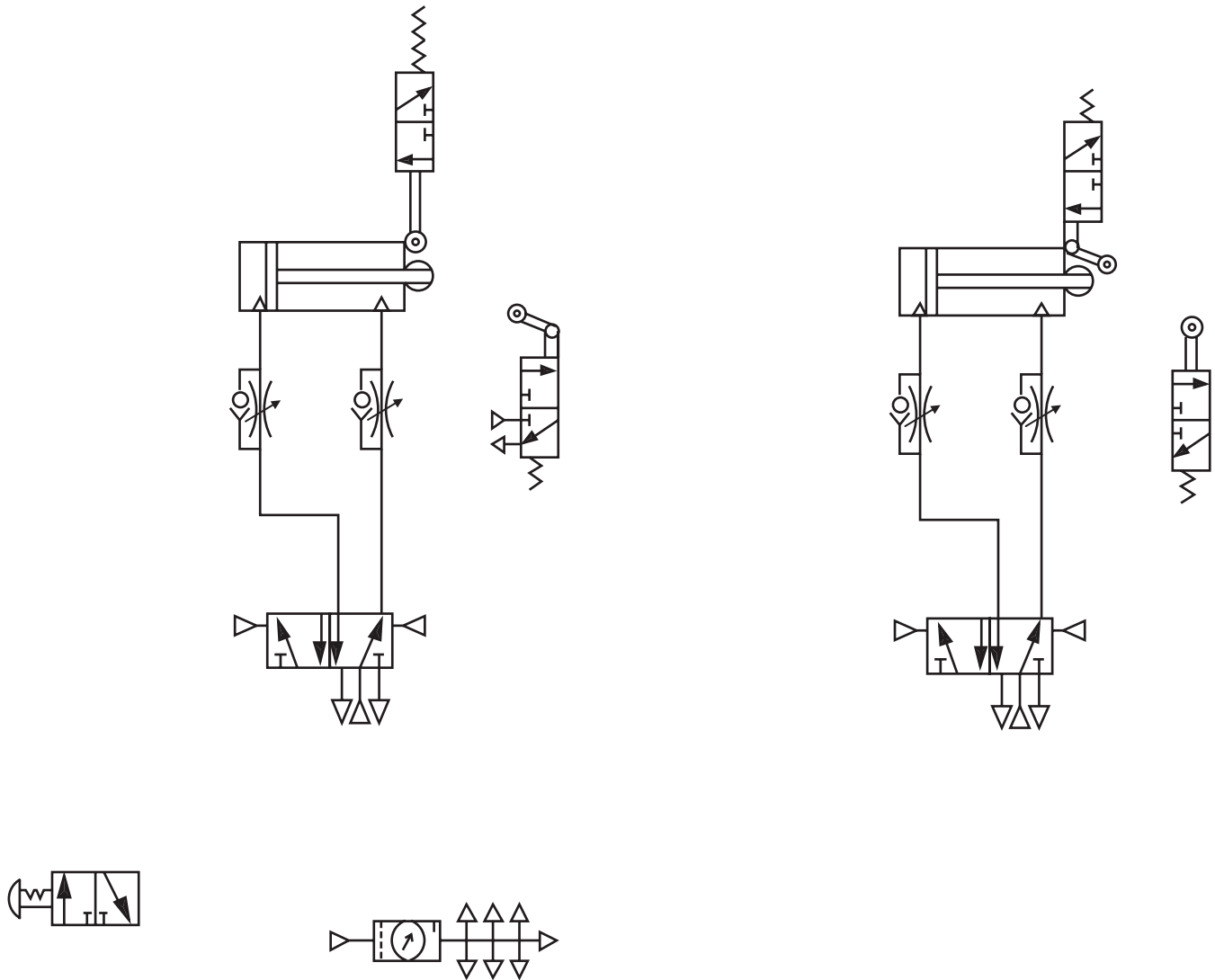
**Comando de um Cilindro de Dupla Ação, Avanço Acelerado, Retorno Lento, Ciclo Contínuo. Com Temporização para o Retorno de 10 segundos.**

## Circuito - 20

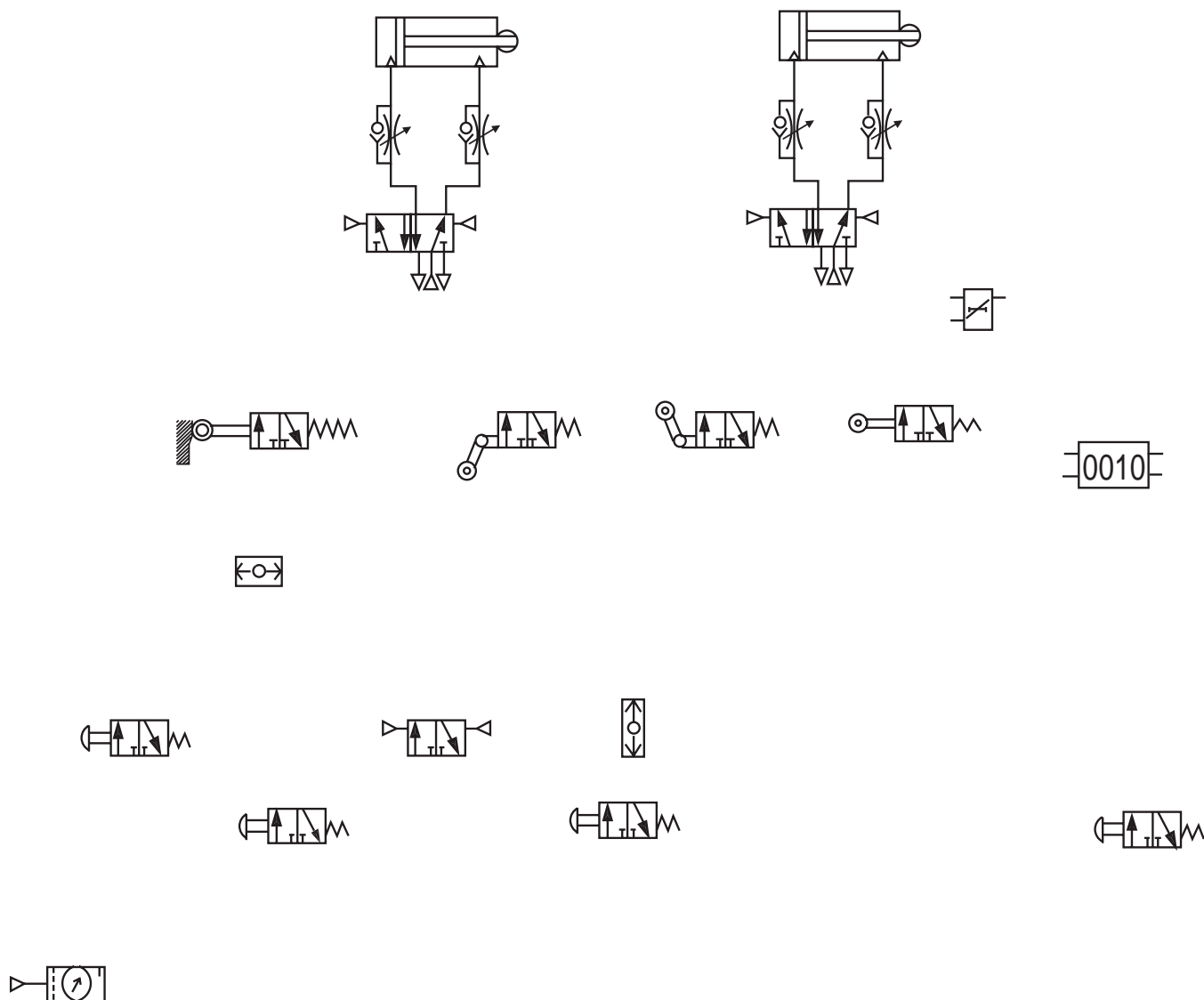
**Comando de um Cilindro de Dupla Ação, Controle de Velocidade, Ciclo Contínuo com um Botão de Partida e um Botão de Parada. Contagem de Ciclos com Desarme do Ciclo Contínuo Quando Atingida a Programação de 10 Ciclos.**

## Circuito - 21

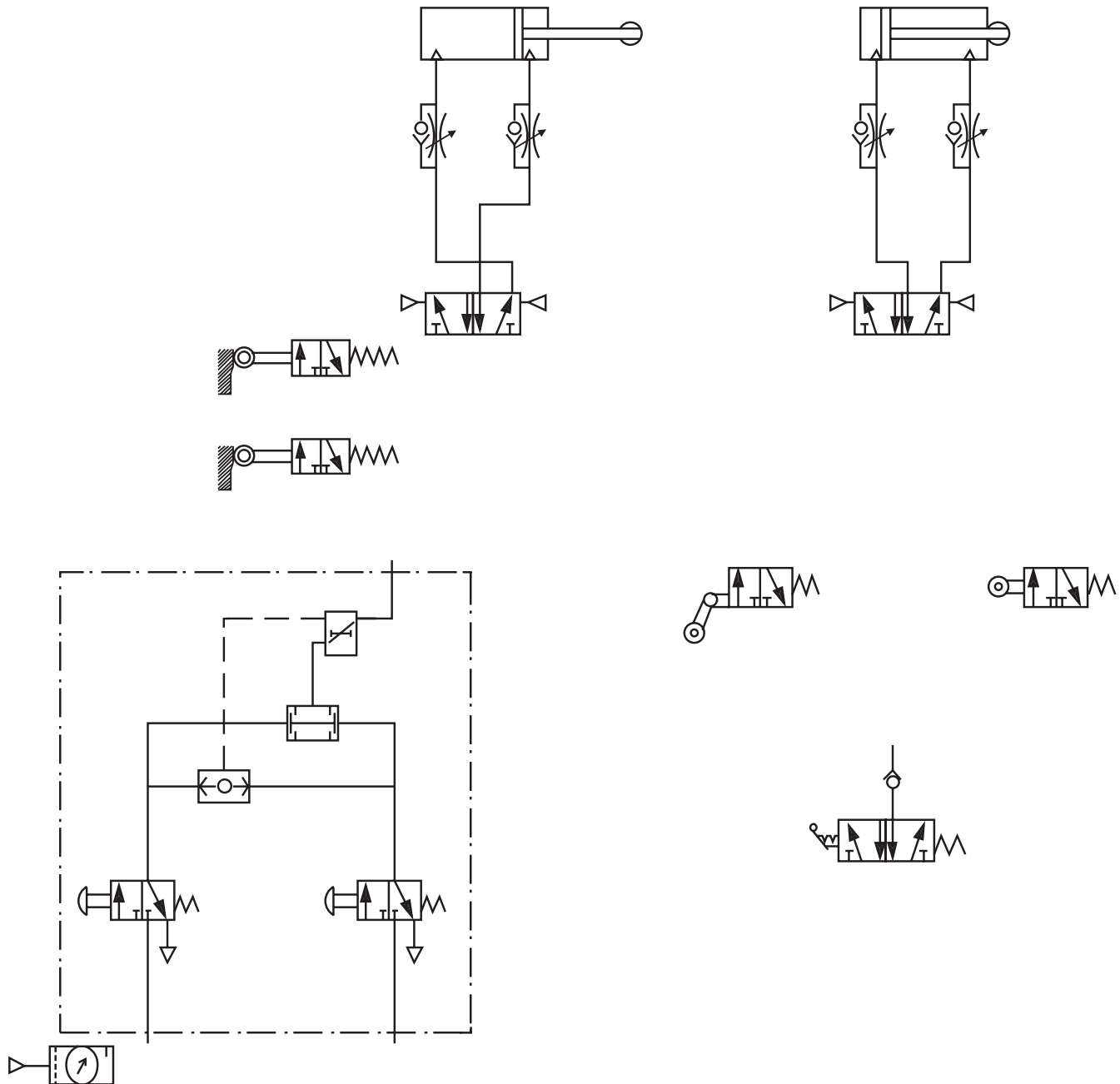
**Projetar um Circuito em Ciclo Único, Ciclo Contínuo, Parada do Ciclo Contínuo, Contagem de Ciclos, Reset de Contagem, Temporização para o Retorno.**

## Circuito - 22

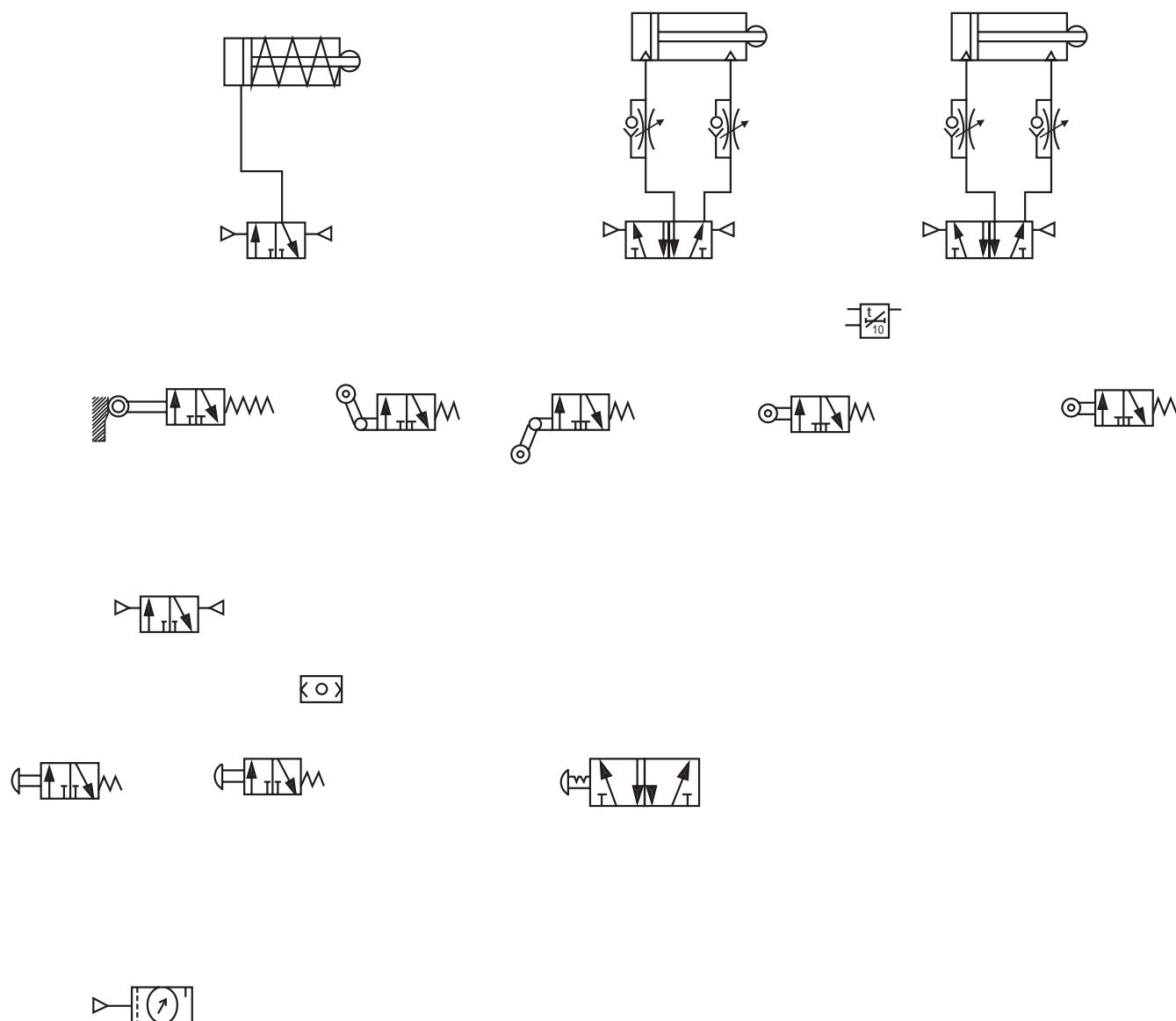
**Elaborar um Sistema com Forma Sequencial A + B + A - B -, com Comando Bimanual.**

## Circuito - 23

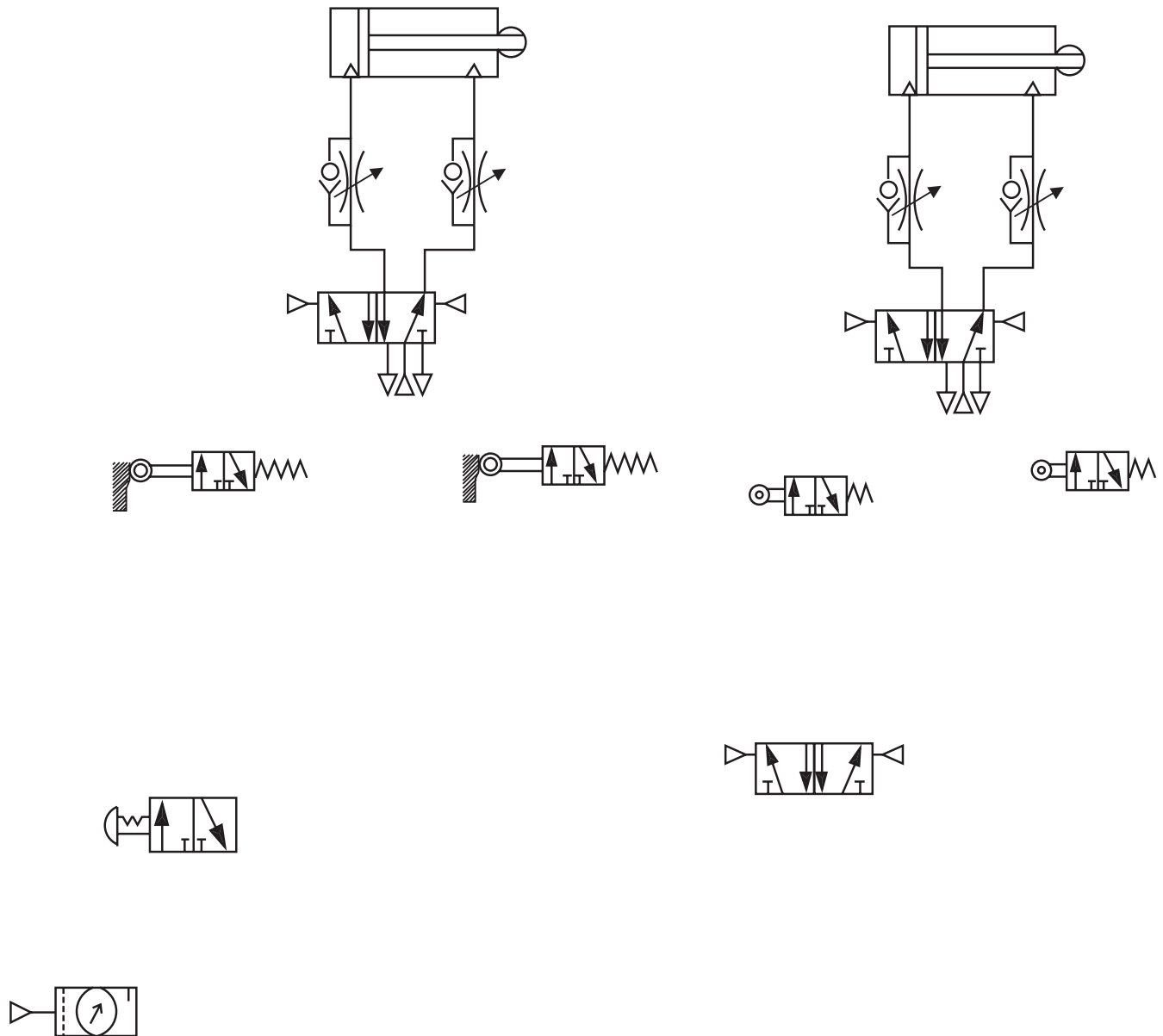
**Elaborar um Sistema com Forma Sequencial A + B + A - B -, Ciclo Contínuo, Emergência, com Temporização para Início de Avanço do Cilindro B.**

## Circuito - 24

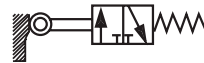
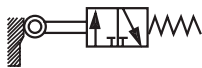
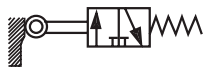
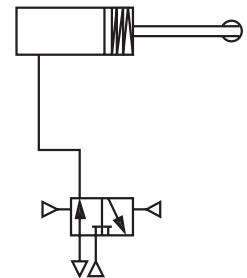
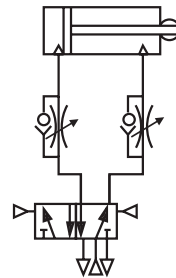
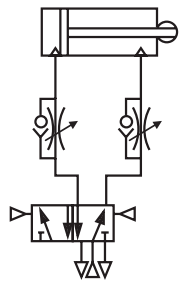
**Elaborar um Sistema com Forma Sequencial A + B + B - A -, Ciclo Contínuo, com Controle de Velocidade.**

## Circuito - 25

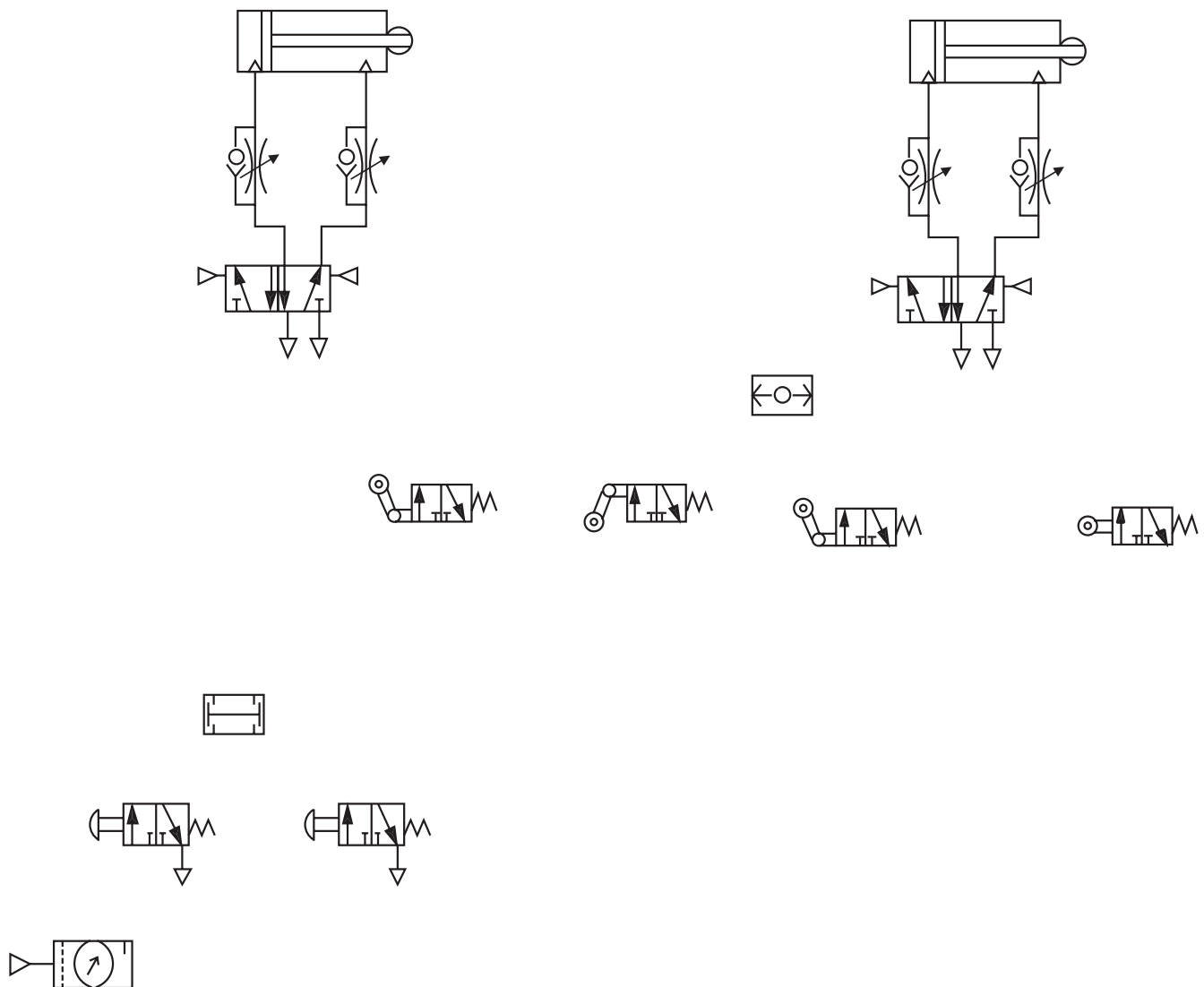
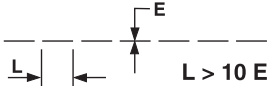
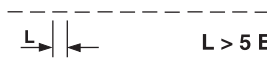
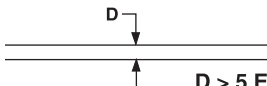
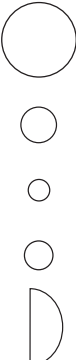
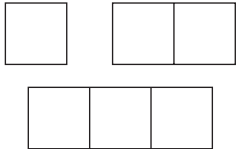
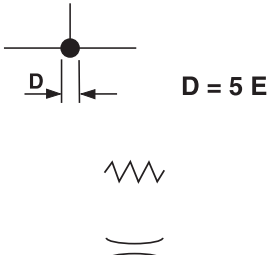
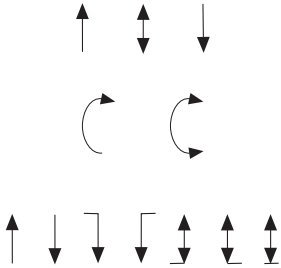
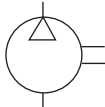
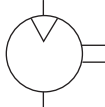
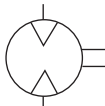
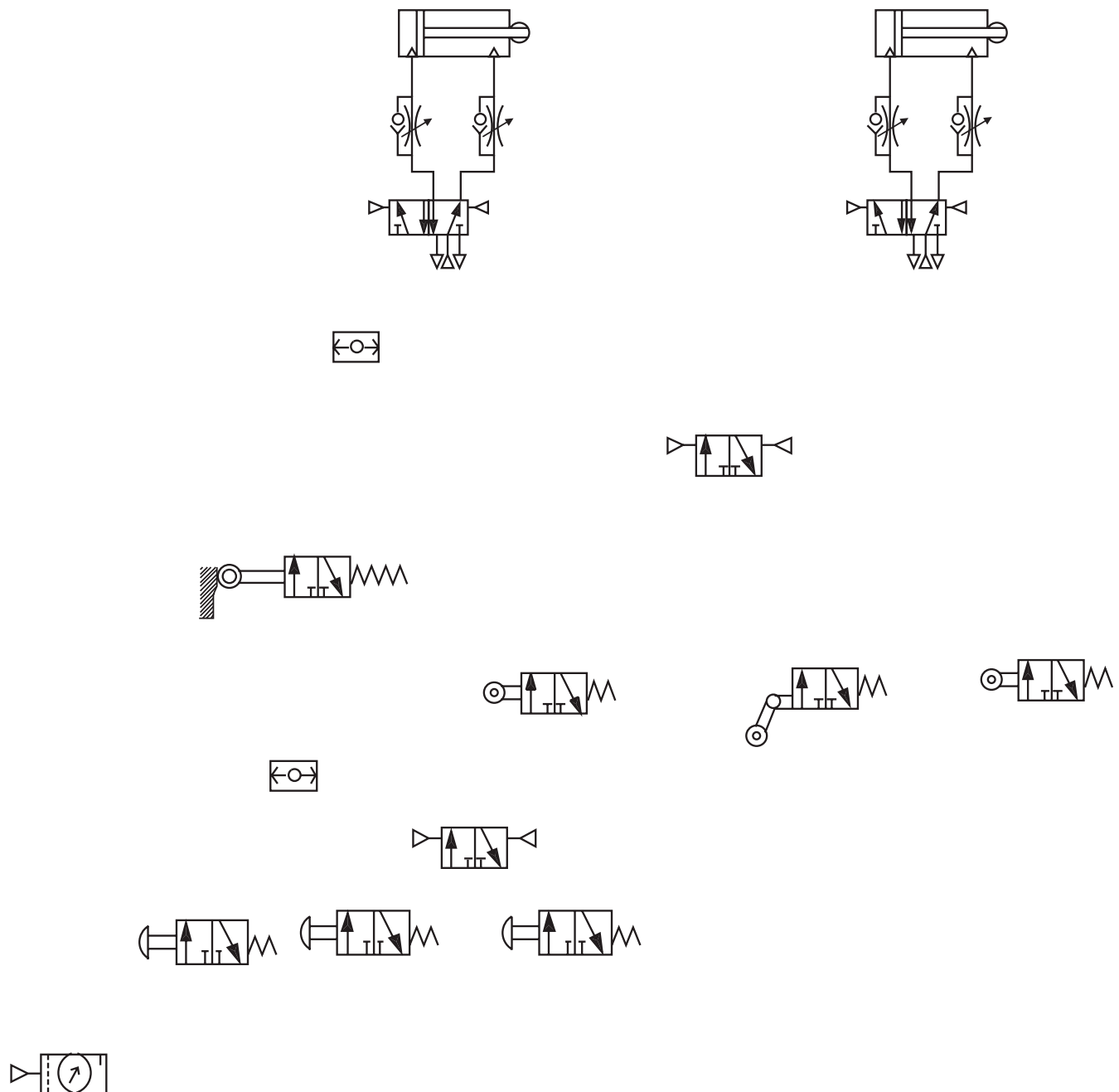
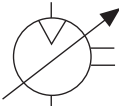
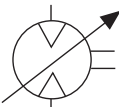
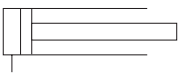
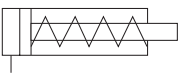
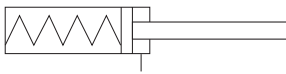
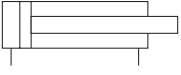
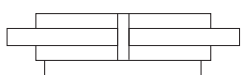
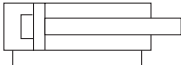
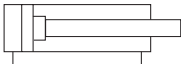
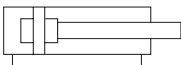
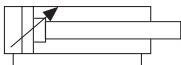
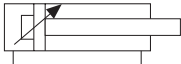
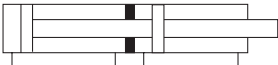
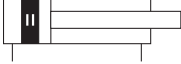
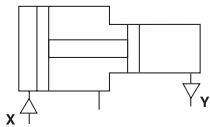
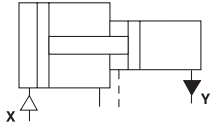
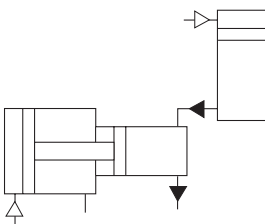
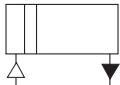
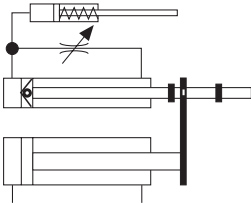
**Elaborar um Sistema com Forma Sequencial A + B + B - A -, Ciclo Contínuo, com Controle de Velocidade, Ciclo Único, Parada de Ciclo Contínuo, Contagem de Ciclos, Reset de Contagem, Temporização para o Retorno do Cilindro B.**

## Circuito - 26

**Elaborar um Sistema com Forma Sequencial A - B + (A + B -), com Comando Através de Bloco Bimanual, e Emergência.**

## Circuito - 27

**Elaborar um Sistema com Forma Sequencial A + B + (C + B -) C - A -, Ciclo Contínuo, Emergência, com Temporização para Início de Avanço do Cilindro C e Retorno de B, com Parada de Ciclo Contínuo, Cilindro A de Simples Ação.**

## Circuito - 28

**Elaborar um Sistema com Forma Sequencial A + B + B - A -, Ciclo Contínuo, com Controle de Velocidade, sem Utilização de Fim de Curso Gatilho.**

## Circuito - 29

**Elaborar um Sistema com Forma Sequencial A + (B + C -) B - (A - C +), Ciclo Contínuo, Cilindro C de Simples Ação, Utilização de Fim de Curso Rolete Mola.**

## Circuito - 30

**Elaborar um Sistema com Forma Sequencial A + B + B - A - B + B -, com Comando Bimanual.**

## Circuito - 31

**Elaborar um Sistema com Forma Sequencial A + (B + A -) B - A + A -, Ciclo Único, Ciclo Contínuo, Parada de Ciclo Contínuo.**

# 11. Simbologia dos Componentes

| Nº | Denominação | Aplicação | Símbolo |
|---|---|---|---|
| **1.0** | **Geral** | | |
| **1.1.** | **Símbolos Básicos** | | |
| **1.1.1.** | **Linhas** | | |
| **.1** | **Contínua** | | |
| **.2** | **Interrompida Longa** | Linhas de fluxo. | E; L; L > 10 E |
| **.3** | **Interrompida Curta** | | L; L > 5 E |
| **.4** | **Dupla** | Interligações mecânicas (alavancas, hastes etc). | D; D > 5 E |
| **.5** | **Traço Ponto** | Linha de Contorno, encerramento de diversos componentes reunidos em um bloco ou unidade de montagem. | |
| **1.1.2.** | **Círculos e Semicírculos** | Em geral, para unidade principal de transformação de energia, bombas, compressores, motores. | |
| | | Aparelho de medição. | |
| | | Articulação mecânica, rolete, etc. | |
| | | Válvulas de bloqueio, juntas rotativas. | |
| | | Motor oscilante (Atuador Rotativo). | |
| **1.1.3.** | **Quadrado e Retângulo** | Nas válvulas direcionais, válvulas de regulagem. | |
| **1.1.4** | **Losango** | Equipamentos de condicionamento, secador, resfriador, filtro, lubrificador, etc. | |
| **1.1.5.** | **Símbolos Miscelâneos** | Conexões em linha de fluxo. | D; D = 5 E |
| | | Mola - (retorno, centralização, regulagem). | |
| | | Restrição - controle de fluxo. | |

| Nº | Denominação | Aplicação | Símbolo |
|---|---|---|---|
| **1.2.** | **Símbolos Funcionais** | | |
| **1.2.1.** | **Triângulo** | Indica direção de fluxo e natureza do fluido. | |
| **.1** | **Cheio** | Fluxo Hidráulico. | |
| **.2** | **Só Contorno** | Fluxo pneumático ou exaustão para atmosfera. | |
| **1.2.2.** | **Seta** | Indicação de:<br>Direção.<br>Direção de rotação.<br>Via e caminho de fluxo através de válvulas.<br>Para aparelhos de regulagem, como em 3.5, ambas as representações, com ou sem traço na extremidade da seta, são usadas sem distinção. Como regra geral, a linha perpendicular na extremidade da seta indica quando ela se move para o interior, permanecendo sempre conectada à ligação correspondente do exterior. | |
| **1.2.3.** | **Seta Oblíqua** | Indica possibilidade de regulagem ou variação progressiva. | |
| **2.0** | **Transformação de Energia** | | |
| **2.1.** | **Compressores de Deslocamento Fixo** | | |
| **2.2.** | **Motores** | Covertem a energia pneumática em energia mecânica com movimento rotativo. | |
| **2.2.1.** | **Motor Pneumático com Deslocamento Fixo** | | |
| **.1.1** | **Com Uma Direção de Fluxo** | | |
| **.1.2** | **Com Duas Direções de Fluxo** | | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| 2.2.2. | **Motor Pneumático com Deslocamento Variável** | | |
| .1 | **Com Uma Direção de Fluxo** | | |
| .2 | **Com Duas Direções de Fluxo** | | |
| 2.2.3. | **Motor Oscilante (Atuador Rotativo) Pneumático** | | |
| **2.3.** | **Cilindros** | Convertem a energia pneumática em energia mecânica, com movimento retilíneo. | |
| 2.3.1. | **Cilindros de Simples Efeito ou Ação** | Cilindro no qual o fluido pressurizado atua sempre em um único sentido do seu movimento (avanço ou retorno). | |
| .1 | **Retorno por Força não Definida (Ex. Força Externa)** | Símbolo geral quando o método de retorno não é especificado. | |
| .2 | **Retorno por Mola** | | |
| .3 | **Avanço por Mola** | | |
| 2.3.2. | **Cilindro de Duplo Efeito ou Ação** | Cilindro no qual o fluido pressurizado opera alternadamente em ambos os sentidos de movimento (avanço e retorno). | |
| .1 | **Com Haste Simples** | | |
| .2 | **Com Haste Dupla** | | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| **2.3.3.** | **Cilindro com Amortecimento** | Evita choques no final do curso. | |
| **.1** | **Com Simples Amortecimento Fixo** | O amortecimento fixo incorporado atua em um só sentido do movimento. | |
| **.1.1** | **No Retorno** | | |
| **.1.2** | **No Avanço** | | |
| **.2** | **Com Duplo Amortecimento Fixo** | O amortecimento fixo incorporado atua em ambos os sentidos do movimento. | |
| **.3** | **Com Simples Amortecimento Variável** | O amortecimento incorporado atua em um só sentido do movimento, permitindo variações. | |
| **.3.1** | **No Avanço** | | |
| **.3.2** | **No Retorno** | | |
| **.4** | **Com Duplo Amortecimento Variável** | O amortecimento incorporado atua em ambos os sentidos do movimento, permitindo variações. | |
| **2.3.4.** | **Cilindros Derivados** | | |
| **.1** | **Duplex Contínuo ou Tandem** | Permite transmitir maiores intensidades de força. | |
| **.2** | **Duplex Geminado ou Múltiplas Posições** | Em combinação com os cursos e entradas de ar, 3 ou mais posições distintas são obtidas. | |
| **.3** | **Cilindro de Impacto** | Desenvolve impacto através de energia cinética. | |
| **.4** | **Cilindro Telescópico** | Usado em locais compactos, que necessitam de cursos longos. | |
| **.4.1** | **Simples Efeito ou Ação** | O fluido pressurizado atua sempre em um único sentido (avanço). | |
| **.4.2** | **Duplo Efeito** | O fluido pressurizado opera alternadamente em ambos os sentidos de movimento: avanço e retorno. | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| **2.4** | **Hidropneumáticos** | | |
| **2.4.1** | **Intensificador de Pressão** | Equipamento que transforma a pressão X em alta pressão Y. | |
| **.1** | **Para um Tipo de Fluido** | A pressão pneumática X é transformada em alta pressão pneumática Y. | X Y |
| **.2** | **Para Dois Tipos de Fluido (Volume Fixo)** | A pressão pneumática X transformada em alta pressão hidráulica Y. | X Y |
| **.3** | **Para Dois Tipos de Fluido (Volume Variável)** | A pressão pneumática reduzida produz uma pressão hidráulica reduzida.<br>Com a entrada do intensificador a pressão hidráulica é aumentada. | |
| **2.4.2** | **Conversor Hidropneumático (Atuador Ar-Óleo)** | Equipamento destinado a transformar a pressão pneumática em pressão hidráulica, teoricamente igual. | |
| **2.4.3** | **Conversor Hidráulico de Velocidade (Hydro-Check)** | Controla uniformemente as velocidades de um cilindro pneumátrico a ele ligado. | |
| **3.0** | **Distribuição e Regulagem de Energia** | | |
| **3.1** | **Métodos de Representação das Válvulas (Exceto 3.3.,3.6.)** | Composição de um ou vários quadros 1.1.3, setas e demais componentes básicos.<br><br>Nos esquemas de circuitos pneumáticos são representadas na posição inicial (não operada). | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| 3.1.1. | **Único Quadrado** | Indica uma unidade de controle de fluxo ou pressão. Estando em operação, existem infinitos números de possíveis posições. Deste modo, há várias posições de fluxo através da passagem. Segue-se, assim, a escolha da pressão ou fluxo, considerando-se as condições do circuito. | |
| 3.1.2. | **Dois ou Mais Quadrados** | Indicam uma válvula de controle direcional, tendo tantas posições distintas quantos quadros houverem. As conexões são normalmente representadas no quadro que indica a posição inicial (não operada). As posições de operação são deduzidas e imaginadas deslocando-se os quadros sobre o quadro da posição inicial, de forma que as conexões se alinhem com as vias.<br><br>Os tubos de conexão são representados na posição central. As operações com as posições são reduzidas e imaginadas deslocando-se os quadrados sobre o quadro dotado de conexões. | |
| 3.1.3. | **Símbolo Simplificado da Válvula em Casos de Múltiplas Repetições** | O número se refere a uma nota sobre o diagrama em que o símbolo da válvula está representado de forma completa. | 3 |
| **3.2.** | **Válvulas de Controle Direcional** | Têm por função orientar a direção que o fluxo deve seguir a fim de realizar o trabalho proposto. O fluxo permitido pela passagem pode ser total ou em alguns casos restringido. | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| 3.2.1. | **Válvula de Controle Direcional sem Estrangulamento** | É a mais importante. A válvula é provida de várias posições distintas e caracterizadas por cada quadrado. | |
| .1 | | Símbolo básico para uma válvula de controle direcional de 2 posições. | |
| .2 | | Símbolo básico para uma válvula de controle direcional de 3 posições. | |
| .3 | | Representação facultativa de passagem a um estado intermediário entre duas posições distintas; o quadrado é delimitado por 3 linhas interrompidas. O símbolo básico para a válvula de controle direcional indica 2 posições distintas e uma intermediária de passagem, 3 no total. | |
| .4 | **Designação: a Primeira Cifra da Designação Indica o nº de Vias (excluindo-se os orifícios de pilotagem), a Segunda Cifra Indica o Número de Posições, Ex.:** **3/2** **Nº de Vias** **Nº Posições** | | |
| .5 | **V.C.D 2/2** | Dotada de 2 orifícios: pressão e utilização e duas posições distintas. | |
| .5.1 | **V.C.D 2/2 N.F.** | Válvula de controle direcional de 2 vias, 2 posições, normalmente fechada. | |
| .5.2 | **V.C.D 2/2 N.A.** | Válvula de controle direcional de 2 vias, 2 posições, normalmente aberta. | |
| .6 | **V.C.D 3/2** | Dotadas de 3 orifícios, pressão, escape, utilização e duas posições distintas. | |
| .6.1 | **V.C.D 3/2 N.F.** | Válvula de controle direcional de 3 vias, 2 posições, normalmente fechada. | |
| .6.2 | **V.C.D 3/2 N.A.** | Válvula de controle direcional de 3 vias, 2 posições, normalmente aberta. | |
| .7 | **V.C.D 4/2** | Válvula de controle direcional de 4 vias, 2 posições. Válvula com 4 orifícios, pressão, escape, 2 utilizações e 2 posições distintas. | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| .8 | **V.C.D 5/2** | Válvula de controle direcional de 5 vias, 2 posições. Válvula com 5 orifícios, pressão, 2 escapes, 2 utilizações e 2 posições distintas. | |
| .9 | **V.C.D 3/3 C.F.** | Válvula de controle direcional de 3 vias, 3 posições. Centro fechado. | |
| .10 | **V.C.D 4/3 C.F.** | Válvula de controle direcional de 4 vias, 3 posições. Centro fechado. | |
| .11 | **V.C.D 5/3 C.F.** | Válvula de controle direcional de 5 vias, 3 posições. Centro fechado. | |
| .12 | **V.C.D 5/3 C.A.N.** | Válvula de controle direcional de 5 vias, 3 posições. Centro aberto positivo. | |
| 3.2.2. | **Válvula de Controle Direcional com Estrangulamento** | A unidade possui 2 posições e infinitos estados intermediários correspondendo à variação do estrangulamento. O símbolo possui duas linhas paralelas longitudinais em relação aos quadros (posições). | |
| .1 | **Com 2 posições** | | |
| .2 | **Com 3 posições** | Por ex.: operada por apalpador (pino) com retorno por mola. | |
| 3.2.3. | **Servoválvula Eletropneumática** | Equipamento que recebe um sinal elétrico e fornece um sinal de saída pneumático, para realizar o acionamento da válvula principal. | |
| .1 | **V.C.D 5/2 Servocomandada** | Válvula de controle direcional de 5 vias, 2 posições, com operação indireta por piloto. | |
| .2 | **V.C.D 5/3 C.F. Servocomandada** | Válvula de controle direcional de 5 vias, 3 posições, centro fechado, com operação indireta por piloto. Duas posições com comando pneumático e uma terceira, centrada por mola. | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| **3.3.** | **Válvulas Bloqueio** | Permitem a passagem livre do fluxo em um só sentido. | |
| **3.3.1.** | **Válvula de Retenção** | Permite fluxo livre num sentido e bloqueia no oposto. | |
| **.1** | **Válvula de Retenção sem Mola** | Abre quando a pressão de entrada for maior do que a pressão de saída. | |
| **.2** | **Válvula de Retenção com Mola** | Permite fluxo livre num sentido e bloqueia no oposto. Haverá passagem de fluxo desde que a pressão de entrada seja maior que a pressão resultante da força da mola somada à pressão na saída. | |
| **.3** | **Válvula de Retenção com Controle Pilotado** | Com o controle por piloto é possível prever:<br>Fechamento da válvula.<br>Abertura da válvula. | |
| **3.3.2.** | **Seletor de Circuito, Válvula de Isolamento, Elemento OU** | Comunica duas pressões emitidas separadamente a um ponto comum. Com pressões diferentes pasará a de maior intensidade numa relação. | |
| **3.3.3.** | **Válvula de Simultaneidade** | Permite a emissão do sinal de saída quando existirem os dois sinais de entrada. | |
| **3.3.4.** | **Válvula de Escape Rápido** | No caso de descarga da conexão de entrada, a utilização é imediatamente liberada para escape, permitindo rápida exaustão do ar utilizado. | |
| **3.4.** | **Válvula de Controle de Fluxo** | Influi na passagem do fluxo, impondo controles nas velocidades dos conversores de energia ou criando condições de temporização. | |
| **3.4.1.** | **Válvula de Controle de Fluxo Fixo** | | |
| **3.4.2.** | **Válvula de Controle de Fluxo Variável** | Símbolo simplificado (não indica o método de controle). | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| 3.4.3. | **Com Controle Manual** | (Indica o método de controle e a posição).<br>Símbolo detalhado. | |
| 3.4.4. | **Com Controle Mecânico e Retorno por Mola** | | |
| 3.4.5. | **Controle Unidirecional** | Permite passagem livre numa direção e restringe na oposta. | |
| **3.5.** | **Válvulas de Controle de Pressão** | Influem ou são influenciadas pela pressão. São representadas com um quadro de comando, e no interior uma flecha, complementando-se com os elementos de controle interno. | |
| 3.5.1. | **Válvulas de Controle de Pressão** | Símbolos genéricos. | |
| .1 | **Normalmente Fechada com 1 Estrangulamento** | | ou |
| .2 | **Normalmente Aberta com 1 Estrangulamento** | | ou |
| .3 | **Normalmente Fechada com 2 Estrangulamentos** | | |
| 3.5.2. | **Válvula de Segurança Limitadora de Pressão ou de Alívio** | A pressão de entrada é controlada pela abertura do orifício de exaustão para a atmosfera, contra a força opositora (por ex.: mola). | |
| .1 | **Com Controle Remoto ou Pilotada por Comando à Distância** | A pressão de entrada é limitada em 3.5.2. ou contra a correspondente pressão do piloto de controle remoto. | |
| 3.5.3. | **Limitador Proporcional (Válvula de Descarga)** | A pressão de entrada é limitada a um valor proporcional à pressão de pilotagem. | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| 3.5.4. | **Válvula de Sequência** | Quando a pressão de entrada vence a força opositora de mola, a válvula é aberta, permitindo fluxo para o orifício de saída (utilização). | |
| 3.5.5. | **Válvula Reguladora ou Redutora de Pressão** | Permite obter variações em relação à pressão de entrada. Mantém a pressão secundária substancialmente constante, independente das oscilações na entrada (acima do valor regulado). | |
| .1 | **Válvula Reguladora de Pressão sem Escape** | | |
| .1.1 | **Válvula Reguladora de Pressão Comandada por Controle Remoto** | Como em 3.5.5.1, mas o valor da pressão de saída está em função da pressão piloto. | |
| .2 | **Válvula Reguladora de Pressão com Escape** | | |
| .2.1 | **Válvula Reguladora de Pressão com Escape e Comando por Controle Remoto** | Como em 3.5.5.2, o valor da pressão da saída está em função da pressão do controle pilotado. | |
| 3.6 | **Robinet de Isolamento ou Válvula de Fechamento** | | |
| 4.0 | **Transmissão de Energia e Condicionamento** | | |
| 4.1. | **Fonte de Energia** | | |
| 4.1.1. | **Fonte de Pressão (Alimentação)** | Símbolo geral simplificado. | |
| .1 | **Fonte de Pressão Hidráulica** | | |
| .2 | **Fonte de Pressão Pneumática** | | |
| 4.1.2. | **Motor Elétrico** | Símbolos 1.1.3. da publicação I.E.C. 1172. | M |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| 4.1.3. | **Motor Térmico** | | |
| **4.2.** | **Linhas de Fluxo e Conexões** | | |
| 4.2.1. | **Linhas de Fluxo** | | |
| .1 | **Linha de Trabalho de Retorno, de Alimentação** | | |
| .2 | **Linha de Pilotagem** | | |
| .3 | **Linha de Dreno ou Escape** | | |
| .4 | **Tubo Flexível** | Usado em partes com movimentos. | |
| .5 | **Linha Elétrica** | | |
| 4.2.2. | **Cruzamento de Linhas** | Não conectado. | |
| 4.2.3. | **Junção de Linhas** | | |
| 4.2.4. | **Sangria de Ar** | | |
| 4.2.5. | **Orifícios de Escape ou de Exaustão** | | |
| .1 | **Não Provido para Conexão** | Escape não canalizado, livre, não conectável. | |
| .2 | **Provido para Conexão** | Escape canalizado, rosqueado. Sobre equipamentos ou linhas para tomada de medição. | |
| 4.2.6. | **Tomada de Potencial** | Os tubos de conexão são representados na posição central. | |
| .1 | **Plugado ou Bloqueado** | As operações com as posições são reduzidas e imaginadas deslocando-se os quadrados sobre o quadro dotado de conexões. | |
| .2 | **Com Conexão** | Sobre equipamentos ou linhas para tomada de medição. | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| **4.2.7.** | **Acoplamento de Ação Rápida (Engate Rápido)** | | |
| **.1** | **Conectado - Sem Válvula de Retenção com Abertura Mecânica** | | |
| **.1.1** | **Desconectado** | | |
| **.2** | **Conectado - Com Dupla Retenção e com Abertura Mecânica** | | |
| **.2.1** | **Desconectado** | | |
| **.3** | **Conectado - Com Única Retenção e um Canal Aberto** | | |
| **.3.1** | **Desconectado** | | |
| **4.2.8** | **Conexão Rotativa (União Rotativa)** | União entre linhas permitindo movimento angular em serviço. | |
| **.1** | **Com 1 via** | | |
| **.2** | **Com 2 vias** | | |
| **4.2.9.** | **Silenciador** | Elimina o ruído causado pelo ar comprimido quando colocado em exaustão. | |
| **4.3.** | **Reservatório** | Geralmente representado na horizontal. | |
| **4.4.** | **Separador de água** | | |
| **4.4.1.** | **Com Operação Manual "Dreno Manual"** | | |
| **4.4.2.** | **Com Drenagem Automática** | | |
| **4.5.** | **Secador** | Equipamento que seca o ar comprimido, por refrigeração, absorção ou adsorção. | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| 4.6. | Filtro | Representação geral, elimina as impurezas micrônicas e auxilia na remoção parcial da umidade contida no ar comprimido. | |
| 4.6.1. | Com Dreno Manual | | |
| 4.6.2. | Com Dreno Automático | | |
| 4.7. | Lubrificador | Pequena quantidade de óleo lubrificante é adicionada ao ar quando este passa pelo lubrificador. Evita o desgaste prematuro dos componentes. | |
| 4.8. | Unidade de Condicionamento | Consiste em filtro, válvula reguladora de pressão com manômetro e lubrificador. É a última estação de preparação do ar, antes de realizar o trabalho. | |
| 4.8.1. | | Símbolo detalhado. | |
| 4.8.2. | | Símbolo simplificado. | |
| 4.9. | Trocador de Calor | Aparelho utilizado para aquecimento ou resfriamento de fluido em circulação. | |
| 4.9.1. | Controlador de Temperatura | Aparelho que controla a temperatura do fluido, mantendo-a entre dois valores predeterminados. As setas indicam, simbolicamente, a introdução ou dissipação do calor. | |
| 4.9.2. | Resfriador | As setas no losango representam, simbolicamente, a evacuação de calor. | |
| .1 | | Sem representação das linhas de fluido refrigerante. | |
| .2 | | Com representação das linhas de fluido refrigerante. | |
| 4.9.3. | Aquecedor | As setas do losango indicam, simbolicamente, a introdução de calor. | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| **5.0** | **Mecanismo de Controle - Comandos** | | |
| **5.1.** | **Componentes Mecânicos** | | |
| **5.1.1.** | **Eixo Rotativo** | A seta simboliza a direção de rotação. | |
| **.1** | **Em Uma Direção** | | |
| **.2** | **Em Várias Direções** | | |
| **5.1.2.** | **Dispositivo de Trava** | Colocado quando um aparelho é bloqueado em uma posição e sentido determinados.<br>* Símbolo do meio de acionamento. | |
| **5.1.3.** | **Mecanismo de Articulação** | | |
| **.1** | **Simples** | | |
| **.2** | **Com Alavanca Transversal** | | |
| **.3** | **Com Fulcro Fixo** | | |
| **5.1.4.** | **Trava ou Detente** | Mantém em posição sistemática um equipamento (Válvula Direcional, por exemplo). | |
| **5.2.** | **Meios de Comando Acionamento** | Os símbolos que representam os meios de acionamento, incorporados aos símbolos dos equipamentos de controle, devem ser colocados sobre o quadrado adjacente. Para equipamentos com diversos quadrados de atuação, o acionamento é efetivado pelo quadrado adjacente. | |
| **5.2.1.** | **Acionamentos Manuais (Controles Musculares)** | Símbolo geral (sem indicação do tipo de acionamento). | |
| **.1** | **Por Botão** | | |
| **.2** | **Por Alavanca** | | |
| **.3** | **Por Pedal** | | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| 5.2.2. | **Acionamentos Mecânicos** | | |
| .1 | **Por Came, Apalpador ou Pino** | | |
| .2 | **Por Mola** | | |
| .3 | **Por Rolete** | | |
| .4 | **Por Rolete Operando Somente em um Sentido** | Gatilho, rolete escamoteável. | |
| 5.2.3. | **Acionamentos Elétricos** | | |
| .1 | **Por Solenóide** | Com uma bobina. | |
| .2 | **Por Solenóide** | Com 2 bobinas agindo em sentidos contrários. | |
| .3 | **Por Motor Elétrico** | | M |
| 5.2.4. | **Acionamentos Pneumáticos por Aplicação ou Alívio de Pressão** | | |
| .1 | **Acionamento Direto** | | |
| .1.1 | **Por Aplicação de Pressão (Piloto Positivo)** | | |
| .1.2 | **Por Alívio de Pressão (Piloto Negativo por Despressurização)** | | |
| .1.3 | **Por Diferencial de Áreas** | No símbolo, o retângulo maior representa o sinal prioritário. | |
| .2 | **Acionamento Indireto ou Prévio** | | |
| .2.2 | **Por Alívio de Pressão** | | |
| .3 | **Parte de Controle Interno** | As passagens de comando estão situadas no interior da válvula. | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| **5.2.5.** | **Acionamentos Combinados** | | |
| **.1** | **Por Solenóide e Piloto Positivo** | O piloto da válvula direcional é interno. Quando o solenóide é energizado, o piloto causa o acionamento por pressurização (a válvula direcional que efetua a pilotagem é acionada por solenóide: servocomando). | |
| **.2** | **Por Solenóide e Piloto Negativo** | Idem a 5.2.4.1., porém o piloto é despressurizado. | |
| **.3** | **Por Botão e Piloto Positivo** | | |
| **.4** | **Por Solenóide e Piloto Positivo ou Botão** | O piloto da válvula é acionado pelo solenóide, causando pressurização interna. Com a falta de energia elétrica, o acionamento pode ser efetuado pelo botão. | |
| **.5** | **Por Solenóide e Piloto Negativo ou Botão** | Idem a 5.2.4.4., porém causando despressurização. | |
| **.6** | **Por Solenóide e Piloto ou Botão Trava** | Pode ser como em 5.2.5.4. ou 5.2.5.5. | |
| **.7** | **Por Solenóide ou Piloto Positivo** | A válvula pode ser acionada, independentemente, por qualquer um dos acionamentos. | |
| **5.2.6.** | **Centralizações** | Mantém a válvula em sua posição central ou neutra, após a ação dos acionamentos ser eliminada. | |
| **.1** | **Centralização por Ar Comprimido** | | |
| **.2** | **Centralização por Mola** | | |
| **5.2.7.** | **Símbolo Geral** | Símbolo explicativo para outros tipos de acionamentos. | |

| Nº | Denominação | Uso do Equipamento ou Explanação sobre o Símbolo | Símbolo |
|---|---|---|---|
| **6.0** | **Equipamentos Suplementares** | | |
| **6.1.** | **Instrumentos de Medição** | | |
| **6.1.1.** | **Medição de Pressão**<br>**Manômetro e Vacuômetro** | A posição da conexão em relação ao círculo é indiferente. | |
| **6.1.2.** | **Medição de Temperatura** | | |
| **.1** | **Termômetro** | Idem a 6.1.1.1. | |
| **6.1.3.** | **Medição de Fluxo** | | |
| **.1** | **Medidor de Fluxo (Rotâmetro)** | | |
| **.2** | **Medidor Integral de Fluxo (Acumulativo)** | | |
| **6.2.** | **Outros Equipamentos** | | |
| **6.2.1.** | **Pressostato** | Converte um sinal pneumático em um elétrico. | |

**Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.**
Av. Lucas Nogueira Garcez 2181
Esperança  Caixa Postal 148
12300-000 Jacareí, SP
Tel.: 12 354-5100
Fax.: 12 354-5262
www.parker.com.br

# Parker Hannifin

## A Parker Hannifin

A Parker Hannifin é uma companhia líder mundial na fabricação de componentes destinados ao mercado de Controle do Movimento, dedicada a servir seus clientes, prestando-lhes um impecável padrão de atendimento. Classificada como a corporação de número 200 pela revista Fortune, nossa empresa está presente na Bolsa de Valores de Nova York e pode ser identificada pelo nosso símbolo PH. Nossos componentes e sistemas somam mais de 1.000 linhas de produtos, os quais têm a função essencial de controlar movimentos em um amplo segmento entre o Industrial e o Aeroespacial em mais de 1.200 mercados. A Parker é o único fabricante a oferecer aos seus clientes uma ampla gama de soluções hidráulicas, pneumáticas e eletromecânicas para o controle de movimentos. Nossa companhia possui a maior rede de Distribuidores Autorizados neste campo de negócios, com mais de 6.000 distribuidores, atendendo mais de 300.000 clientes em todo o mundo.

## A Missão da Parker

Ser o líder mundial na manufatura de componentes e sistemas para fabricantes e usuários de bens duráveis.
Mais especificamente, nós iremos projetar, vender e fabricar produtos para o controle do movimento, vazão e pressão.

***Nós alcançaremos crescimento lucrativo através da excelência no serviço ao cliente.***

## Informações sobre Produtos

Os clientes Parker Hannifin no Brasil dispõem de um Serviço de Atendimento ao Cliente - SAC, que lhes prestará informações sobre produtos, assistência técnica e distribuidores autorizados mais próximos, através de uma simples chamada grátis para o número 0800-11-7001.

### Aeroespacial

*Líder em desenvolvimento, projeto, manufatura e serviços de sistemas de controle e componentes para o mercado aeroespacial e segmentos relacionados com alta tecnologia, alcançando crescimento lucrativo através de excelência no atendimento ao cliente.*

### Climatização e Controles Industriais

*Projeta, manufatura e comercializa componentes e sistemas para controle de fluidos para refrigeração, ar condicionado e aplicações industriais em todo o mundo.*

### Fluid Connectors

*Projeta, manufatura e comercializa conectores rígidos e flexíveis como mangueiras, conexões e produtos afins para aplicação na condução de fluidos.*

### Seal

*Projeta, manufatura e comercializa vedações industriais, comerciais e produtos afins, oferecendo qualidade superior e satisfação total ao cliente.*

### Hidráulica

*Projeta, manufatura e comercializa uma linha completa de componentes e sistemas hidráulicos para fabricantes e usuários de máquinas e equipamentos no segmento industrial e mobil.*

### Filtração

*Projeta, manufatura e comercializa produtos para filtração e purificação, provendo a seus clientes maior valor agregado, com qualidade, suporte técnico e disponibilidade global para sistemas.*

### Automação

*Líder no fornecimento de componentes e sistemas pneumáticos e eletromecânicos para clientes em todo o mundo.*

### Instrumentação

*Líder global em projeto, manufatura e distribuição de componentes para condução de fluidos em condições críticas para aplicações na indústria de processo, ultra-alta-pureza, médica e analítica.*

# Parker Hannifin
# Filiais


***Belo Horizonte - MG***
Rua Inconfidentes 1075 - 8º andar
Funcionários
30140-120 Belo Horizonte, MG
Tel.: 31 3261-2566
Fax: 31 3261-4230
belohorizonte@parker.com.br

***Campinas - SP***
Rua Tiradentes 289 - salas 21 e 22
Guanabara
13023-190 Campinas, SP
Tel.: 19 3235-3400
Fax: 19 3235-2969
campinas@parker.com.br

***Curitiba - PR***
Rua Alferes Poli 1471
Rebouças
80230-090 Curitiba, PR
Tel.: 41 333-1836
Fax: 41 334-3027
curitiba@parker.com.br

***Vale do Paraíba - Jacareí - SP***
Av. Lucas Nogueira Garcez 2181
Esperança  Caixa Postal 148
12325-900 Jacareí, SP
Tel.: 12 3954-5100
Fax: 12 3954-5262
valeparaiba@parker.com.br

***Porto Alegre - RS***
Av. Frederico Ritter 1100
Distrito Industrial
94930-000 Cachoeirinha, RS
Tel.: 51 470-9144
Fax: 51 470-6909
portoalegre@parker.com.br

***Recife - PE***
Av. Eng. Abdias de Carvalho 1111 - sala 204
Bairro do Prado
50830-000 Recife, PE
Tel.: 81 3227-3376
Fax: 81 3227-6064
recife@parker.com.br

***Rio de Janeiro - RJ***
Rua da Glória 366 - sala 901
Glória
20241-180 Rio de Janeiro, RJ
Tel.: 21 2509-4008
Fax: 21 2507-0221
riodejaneiro@parker.com.br

***São Paulo - SP***
Rodovia Anhanguera, km 25,3
05276-977 São Paulo, SP
Tel.: 11 3917-1222 - Ramal 263
Fax: 11 3917-1690
saopaulo@parker.com.br


sac@parker.com.br

**Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.**
Av. Lucas Nogueira Garcez 2181
Esperança  Caixa Postal 148
12325-900 Jacareí, SP
Tel.: 12 3954-5100
Fax: 12 3954-5262
www.parker.com.br
automat@parker.com.br


***Distribuidor Autorizado***


Ap. M1001 BR - 08/00 - 1000